

**KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENTİTÜSÜ**

ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

**GİRESUN ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ AKKUŞ ORMAN İŞLETME
MÜDÜRLÜĞÜ SAF KAYIN MEŞCERELERİNİN EKOSİSTEM BAZINDA
KARBON DEPOLAMA KAPASİTESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Orm. Müh. Seçil ERKUT

**HAZİRAN 2013
TRABZON**

KARADENİZ TEKNİK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
ORMAN MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

GİRESUN ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ AKKUŞ ORMAN İŞLETME
MÜDÜRLÜĞÜ SAF KAYIN MEŞCERELERİNİN EKOSİSTEM BAZINDA
KARBON DEPOLAMA KAPASİTESİ

Orm. Müh. Seçil ERKUT

Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde
“ORMAN YÜKSEK MÜHENDİSİ”
Unvanı Verilmesi İçin Kabul Edilen Tezdir.

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 23.05.2013
Tezin Savunma Tarihi : 26.06.2013

Tez Danışmanı : Prof. Dr. Nuray MISIR

Trabzon 2013

**Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalında
Seçil ERKUT tarafından hazırlanan**

**GİRESUN ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ AKKUŞ ORMAN İŞLETME
MÜDÜRLÜĞÜ SAF KAYIN MEŞCERELERİNİN EKOSİSTEM BAZINDA
KARBON DEPOLAMA KAPASİTESİ**

**başlıklı bu çalışma, Enstitü Yönetim Kurulunun 28/05/2013 gün ve 1507 sayılı
kararıyla oluşturulan jüri tarafından yapılan sınavda**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ
olarak kabul edilmiştir.**

Jüri Üyeleri

Başkan : Prof. Dr. Nuray MISIR

Üye : Prof. Dr. Hakkı YAVUZ

Üye : Prof. Dr. Cengiz ACAR

**Prof. Dr. Sadettin KORKMAZ
Enstitü Müdürü**

ÖNSÖZ

“Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü Saf Kayın Meşcerelerinin Ekosistem Bazında Karbon Depolama Kapasitesi” adlı bu çalışma K.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans Tezi olarak hazırlanmıştır.

Öncelikle, konu seçiminden çalışmanın son aşamasına kadar, ilgili ve yol gösterici tutumuyla çalışmalarımı destekleyen ve yardımını esirgemeyen danışmanım Sayın Prof. Dr. Nuray MISIR’a teşekkürlerimi sunarım.

Ormancılıkla ilgili her konudakiengin bilgileri ile çalışmama katkıda bulunan Sayın Doç. Dr. Mehmet MISIR’a teşekkürü bir borç bilirim.

Tez çalışması süresince, arazi çalışmalarında yardımlarını esirgemeyen Orm. Yük. Müh. Şenol BAYBURTLU, Orm. Müh. Elif KARTAL, Orm. Müh. Ali AVCI ve Orm. Müh. Erhan ÖZCELEP ile arazi çalışmalarımı yapmış olduğum Akkuş İşletme Müdürlüğü çalışanlarına teşekkür ederim. Tüm çalışmalarım süresince yardım ve desteğini esirgemeyen Orm. Muh. Memuru İlhami YAMAN’a, laboratuvar çalışmalarında desteklerini gördüğüm meslektaş ve arkadaşlarım Orm. Yük. Müh. Cemile ÜLKER ve Orm. Müh. Sinem ŞATIROĞLU’na teşekkür ederim.

Hayatımın her döneminde maddi ve manevi destekleri ile sürekli yanımda olan aileme şükranlarımı sunarım.

Seçil ERKUT
Trabzon 2013

TEZ BEYANNAMESİ

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü Saf Kayın Meşcerelerinin Ekosistem Bazında Karbon Depolama Kapasitesi” başlıklı bu çalışmayı baştan sona kadar danışmanım Prof. Dr. Nuray MISIR‘ın sorumluluğunda tamamladığımı, verileri/örnekleri kendim topladığımı deneyleri/analizleri ilgili laboratuarlarda yaptığımı/yaptırdığımı, başka kaynaklardan aldığım bilgileri metinde ve kaynakçada eksiksiz olarak gösterdiğim, çalışma sürecinde bilimsel araştırma ve etik kurallara uygun olarak davrandığımı ve aksinin ortaya çıkması durumunda her türlü yasal sonucu kabul edeceğimi beyan ederim. 26/06/2013

Seçil ERKUT

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖNSÖZ	III
TEZ BEYANNAMESİ.....	IV
İÇİNDEKİLER.....	V
ÖZET	VII
SUMMARY	VIII
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	IX
TABLolar DİZİNİ.....	X
1. GENEL BİLGİLER	1
1.1. Giriş.....	1
1.2. Kayın (<i>Fagus orientalis</i> L.)' ın Doğal Yayılışı ve Ekolojisi	8
2. YAPILAN ÇALIŞMALAR	13
2.1. Materyal	13
2.1.1. Araştırma Alanının Tanıtımı	13
2.1.2. Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yapılan Çalışmalar	15
2.1.2.1. Toprak Üstü Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yapılan Çalışmalar	15
2.1.2.1.1. Ağaca İlişkin Yapılan Çalışmalar	15
2.1.2.1.2. Ölü ve Diri Örtüye İlişkin Yapılan Çalışmalar	16
2.1.2.2. Toprakta Depolan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yapılan Çalışmalar	17
2.2. Yöntem.....	17
2.2.1. Toprak Üstü Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem.....	17
2.2.1.1. Ağaç Bileşenine İlişkin Yöntem	17
2.2.1.2. Ölü ve Diri Örtü Bileşenlerine İlişkin Yöntem.....	18
2.2.2. Toprağa İlişkin Yöntem	19
2.2.3. Karbon Analizi.....	19
2.2.4. Biyokütle ve Karbon Depolama Denklemlerinin Belirlenmesi	22
3. BULGULAR.....	23
3.1. Ağaç Bileşenlerine İlişkin Bulgular	23
3.2. Ölü Örtü Bileşenine İlişkin Bulgular	29

3.3.	Diri Örtü Bileşenine İlişkin Bulgular.....	30
3.4.	Toprak Kütlesi ile Karbon Depolama Miktarına İlişkin Bulgular	32
3.5.	Kayın Meşcerelerinin Karbon Depolama Miktarına İlişkin Bulgular	34
4.	TARTIŞMA VE SONUÇLAR	35
5.	ÖNERİLER.....	39
6.	KAYNAKLAR	41
ÖZGEÇMİŞ		

Yüksek Lisans Tezi

ÖZET

GİRESUN ORMAN BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ AKKUŞ ORMAN İŞLETME
MÜDÜRLÜĞÜ SAF KAYIN MEŞCERELERİNİN EKOSİSTEM BAZINDA KARBON
DEPOLAMA KAPASİTESİ

Seçil ERKUT

Karadeniz Teknik Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Orman Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Nuray MISIR
2013, 45 Sayfa

Bu çalışmada Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü saf kayın meşcerelerinin ekosistem bazında karbon depolama kapasitesinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaç için saf kayın meşcerelerinden 30 adet örnek alan alınmıştır. Bu 30 örnek alanda, ağaçta depolanan karbonu bulabilmek için 34 adet örnek ağaç alınmıştır. Toprak üstü ve diğer bileşenler için ise 30 örnek alanın her birinde 4'er adet olmak üzere 120 adet ölü örtü ve 30 adet diri örtü örneği alınmıştır. Toprakta depolanan karbonu belirlemek için her örnek alanda bir adet toprak profili açılarak beş derinlik kademesinden olmak üzere toplam 139 adet toprak örneği alınmıştır. Yapılan analizler sonucunda Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü saf kayın meşcerelerindeki her bir ağacın gövdesinde 255 kg, dalında 157 kg, yaprağında 52 kg ve kabuğunda 21 kg olmak üzere ağacın tamamında 485 kg karbon depolandığı sonucuna varılmıştır. Kayın meşcerelerinin ölü örtüsünde 4.1 ton/ha ve diri örtüsünde 0.07 ton/ha karbon depolandığı görülmüştür. Böylece Akkuş yöresi kayın meşcerelerinin toprak üstü karbon depolama kapasitesi 175.9 ton/ha ve toprakta ise 81.1 ton/ha olarak bulunmuştur.

Anahtar Kelimeler: Kayın, ağaç, diri örtü, ölü örtü, toprak ve karbon

Master Thesis

SUMMARY

CAPACITY OF CARBON STOCK IN PURE BEECH STANDS OF GİRESUN FOREST
DISTRICT DIRECTORATE AKKUŞ FOREST ENTERPRISE

Seçil ERKUT

Karadeniz Technical University
The Graduate School of Natural and Applied Sciences
Forest Engineer Graduate Program
Supervisor: Prof. Dr. Nuray MISIR
2013, 45 Pages

In this study, aimed to determine the base of ecosystem carbon storage in pure beech stands of Giresun Forest District Directorate Akkuş Forest Enterprise. 30 sample plots and 34 sample trees were taken from pure oriental beech stands. 120 litters and 26 shrubs samples were taken the sample plots. And soil samples were sorted in soil depths of 0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm, 50-80 cm ve >80 cm in each a soil profile from each sample plots. Four litter samples were taken for each sample plot. Stem biomass carbon storage were 254.9 kg as average. Branch, leaf, bark and total tree biomass carbon storage were 157 kg, 52 kg, 21 kg and 485 kg respectively. 4.1 ton/ha of carbon stored in litter and 0.07 ton/ha of carbon stored shrub. Above-ground biomass carbon storage capacity was 176 ton/ha as average in this study area. The carbon stored capacity in soil was 81 ton/ha.

Key Words: Beech, tree, litter, shrub, soil and carbon

ŞEKİLLER DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 1. Sera etkisinin şematik gösterimi.....	2
Şekil 2. Yenilenebilir enerjinin küresel enerji tüketimi içerisindeki payı .	5
Şekil 3. Doğu Kayını'nın Dünya'daki yayılışı	9
Şekil 4. Doğu Kayını'nın Türkiye'deki yayılışı	9
Şekil 5. Doğu Kayını (<i>Fagus orientalis</i> Lipsky.) genel görünümü	11
Şekil 6. Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü'nün Giresun Orman Bölge Müdürlüğü'ndeki yeri.....	13
Şekil 7. Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü Şeflik sınırları.....	14
Şekil 8. Karbon analiz cihazının genel görünümü.....	20
Şekil 9. Sağ ve sol fırına ait görüntüler	20
Şekil 10. GC Ayırıştırma kolonunun ve reaktörlerin genel görünümü.....	21
Şekil 11. Analiz edilecek örneklerin hazırlanması	21
Şekil 12. Örnek analiz dosyasının görünümü	22
Şekil 13. Ağaç biyokütleleri ile göğüs çapı arasındaki ilişki.....	25
Şekil 14. Karbon depolama miktarı ile göğüs çapı arasındaki ilişki	29
Şekil 15. Ağaçta depolanan toplam karbon miktarının ağaç bileşenlerine dağılımı	36

TABL OLAR DİZİNİ

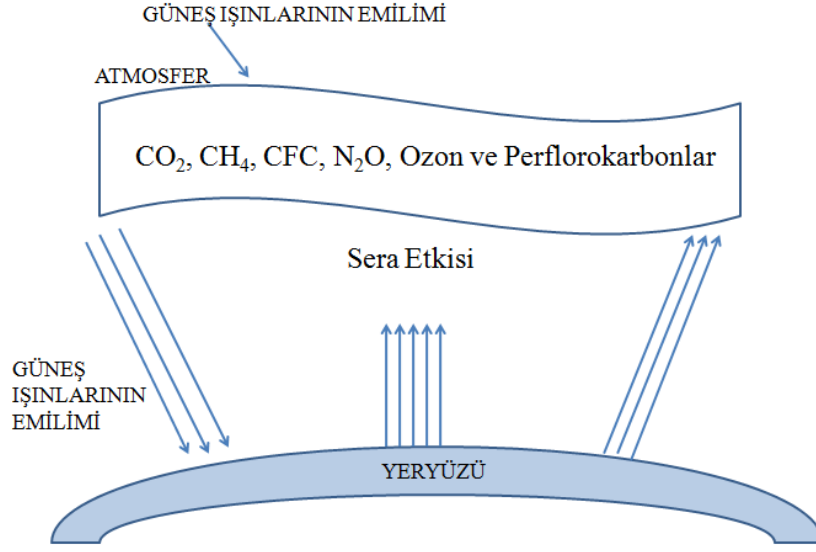
Sayfa No

Tablo 1. BM iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ekleri.....	3
Tablo 2. Türkiye’deki toplam sera gazı emisyonlarının sektörlere ve yıllara göre dağılımı.....	5
Tablo 3. Değişik ekosistemlerin bitkisel üretim potansiyelleri	7
Tablo 4. Orman ekosistemlerindeki karbon havuzları ve temel bileşenleri	7
Tablo 5. Kayın türünün TOE’ye göre alansal dağılımı	12
Tablo 6. Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü’ne ait şefliklerin alan, servet ve yıllık artım değerleri	15
Tablo 7. Örnek ağaçların çap ve boy sınıflarına dağılımı	16
Tablo 8. Örnek alanlara ait bilgiler.....	24
Tablo 9. Ağaç bileşenlerine ilişkin biyokütle miktarları	24
Tablo 10. Ağaç bileşenlerindeki karbon içeriği.....	26
Tablo 11. Ağaç bileşenlerindeki karbon miktarları (kg)	27
Tablo 12. Tek ağaç bileşenlerine ait karbon depolama modelleri.....	28
Tablo 13. Ölü örtü bileşeninin biyokütle ve karbon depolama miktarlarına ilişkin değerler	30
Tablo 14. Diri örtü bileşeninin biyokütle ve karbon depolama miktarlarına ilişkin değerler	31
Tablo 15. Toprak bileşenindeki biyokütle miktarları	32
Tablo 16. Toprak profillerinin derinlik kademelerinde depolanan karbon miktarları.....	33
Tablo 17. Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü saf kayın meşcelerinin karbon depolama miktarları.....	34
Tablo 18. Benzer çalışmalara ilişkin karbon içeriği değerleri.....	35
Tablo 19. Benzer çalışmalara ilişkin toprak üstü ve topraktaki karbon miktarları.....	38

1. GENEL BİLGİLER

1.1. Giriş

21. yüzyılda dünyanın karşı karşıya bulunduğu en büyük sorunlardan biri güvenli enerji tedarikidir. Günümüzde ülkelerin enerji üretme ve kullanma biçimi sürdürülebilir değildir. Bunun en açık kanıtı insan kaynaklı iklim değişikliğidir. Artan nüfus ve sanayileşmeden kaynaklanan enerji gereksinimi, dünyanın kısıtlı kaynaklarıyla karşılanamamakta, enerji üretimi ve tüketimi arasındaki açık hızla büyümektedir. Dünya enerjisinin yaklaşık dörtte üçü kömür, petrol ve doğal gaz gibi fosil yakıtların yanmasıyla sağlanmaktadır. Ancak bu tür yakıtlar yandığı zaman, iklim değişikliğine neden olarak tanınan sera gazları yaymaktadırlar (IEA, 2002; Wolfson ve Schneider, 2002). Aşırı fosil yakıt tüketiminin sadece fosil yakıt rezervlerinin azalma oranını arttırdığı kabul edilmez, aynı zamanda artan sağlık riskleri ve küresel iklim değişikliği gibi çevre üzerinde önemli olumsuz etkilere sahiptir (Farhad ve diğ., 2008). Uluslararası enerji ajansından gelen tahminlere göre fosil yakıtların mevcut durumuna bakılırsa, 2030 yılına kadar herhangi bir karbon tutumu olmadan, atmosfere salınan yaklaşık 1000 milyar ton kümülatif karbon miktarı olacaktır (Demirbaş, 2000). Bugün toplam yaklaşık 300 milyar ton kümülatif karbon emisyonu zaten küresel iklim değişikliği konusunda ciddi kaygılara sebep olmaktadır (Sims, 2003; Demirbaş, 2000). Enerji konusunda potansiyel olarak en önemli çevre sorunu küresel iklim değişikliği CO₂, CH₄, CFC, N₂O ve ozon gibi sera gazlarının artan konsantrasyonu yeryüzüne yayılmakta ve dünyanın yüzey sıcaklığını yükseltmektedir (Dinçer, 1998). Sera etkisinin şematik gösterimi Şekil 1 de verilmiştir.



Şekil 1. Sera etkisinin şematik gösterimi (Dinçer, 2000).

İnsanların yapmış olduğu müdahalenin biçim ve şiddetine göre karbonun bu döngü içinde belirli noktalardaki stok miktarını değiştirebilmektedir. İnsan faaliyetlerinin küresel ısınma üzerindeki etkileri yapılan çeşitli toplantılarda alınan önemli kararlar ile azaltılmaya çalışılmıştır.

1992 yılında Rio de Janeiro'da Çevre ve Kalkınma Konferansında toplanan dünya zirvesi bu yöndeki ilk adım olarak, atmosferde tehlikeli bir boyuta varan insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının, iklim sistemi üzerindeki olumsuz etkisini önlemek ve başta karbondioksit olmak üzere sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesinde tutmak amacı ile Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi kabul edilerek 21 Mart 1994 tarihinde yürürlüğe girmiştir.

Kyoto Protokolü ise, gelişmiş ülkelerin 2000 yılındaki sera gazı emisyonlarını 1990 yılı seviyesinde tutmak için BMİDÇS' nin yetersiz olduğundan hareketle, yükümlülüklerin daha sıkı hale getirilmesi ve bağlayıcı bir belge olması amacıyla hazırlanmıştır.

16 Şubat 2005 tarihinde yürürlüğe giren Kyoto Protokolüne, Nisan 2009 itibarıyla 184 ülke ve Avrupa Birliği ülkeleri taraf olmuştur (Tablo 1). Kyoto Protokolü'nün hedefi, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesinin Ek-I listesindeki ülkelerin sera gazı emisyonlarını 2012 yılına kadar 1990 yılı seviyesinin en az %5 altına düşürmektir.

Tablo 1. BM iklim değişikliği çerçeve sözleşmesi ekleri

EK-I Ülkeleri	Ek-II Ülkeleri
AB, Belçika, İngiltere, İtalya, Norveç, Almanya, Danimarka, İrlanda, İzlanda, Portekiz, ABD, Finlandiya, İspanya, Japonya, Yeni Zelanda, Avustralya, Fransa, İsveç, Lüksemburg, Yunanistan, Avusturya, Hollanda, İsviçre, Kanada, Türkiye Pazar Ekonomisine Geçiş Sürecinde Olan Ülkeler (PEGSÜ): Rusya Federasyonu, Çek Cumhuriyeti, Hırvatistan, Beyaz Rusya, Litvanya, Slovenya, Ukrayna, Polonya, Romanya, Letonya, Slovakya, Bulgaristan, Estonya, Macaristan	AB, Belçika, İngiltere, İtalya, Norveç, İsveç, Almanya, Danimarka, İrlanda, İzlanda, Portekiz, ABD, Finlandiya, İspanya, Japonya, Yeni Zelanda, Avustralya, Fransa, Lüksemburg, Yunanistan, Avusturya, Hollanda, İsviçre, Kanada

BMİDÇS kapsamında sera gazı emisyonlarına daha ciddi azaltımlar getirilmesini hedefleyen Kyoto Protokolü 1997 yılında imzaya açılmış ve 2005 yılında yürürlüğe girmiştir. Türkiye, Kyoto Protokolü imzaya açıldığında BMİDÇS'ye taraf olmadığı için Kyoto Protokolü'nün Ek-B (Ek-I tarafları, 38 sanayileşmiş ülke ve Avrupa topluluğu) listesinde yer almamış ve dolayısıyla sayısal bir sera gazı azaltım veya sınırlama yükümlülüğü almamıştır. Kyoto Protokolüne taraf olunması sonrasında bürokratik sebeplerden dolayı ülkemizin herhangi bir sayısal sera azaltım yükümlülüğü bulunmamaktadır.

Türkiye, 1992 yılında Ekonomik İşbirliği ve Kalkınma Örgütü (OECD) üyesi olması nedeniyle Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi'nin (BMİDÇS) hem EK-I hem de EK-II listelerinde, gelişmiş ülkelerle birlikte yer almıştır. Sözleşmenin amacını ve genel prensiplerini desteklemekle birlikte sözleşmedeki haksız konumundan dolayı sözleşmeye taraf olmayan Türkiye, bu konumunu değiştirmek üzere uzun bir süre mücadele vermiş ve 2001 yılında Fas'ın Marakeş kentinde yapılan 7. Taraflar Konferansı'nda (COP.7), "Türkiye'nin isminin EK-II'den silineceği ve özel şartları tanınarak diğer EK-I ülkelerinden farklı bir konumda EK-I'de yer alacağı" yönündeki kararın ardından 24 Mayıs 2004 tarihinde sözleşmeye taraf olmuştur.

Türkiye'nin iklim değişikliği alanında izleyeceği politikaların, alacağı önlemlerin ve yapacağı çalışmaların belirlenmesi amacıyla, Çevre ve Orman Bakanı'nın Başkanlığında; Dışişleri Bakanlığı, Bayındırlık ve İskân Bakanlığı, Ulaştırma Bakanlığı, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı, Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı, Devlet Planlama Müsteşarlığı ve Türkiye Odalar ve Borsalar Birliği'nin üst düzey temsilcilerinin

yer aldığı İklim Değişikliği Koordinasyon Kurulu (İDKK) oluşturulmuştur. Daha sonra bu Kurula Sağlık Bakanlığı ve Maliye Bakanlığı da dahil olmuştur. Sözleşme kapsamında sorumluluklarımızı yerine getirmeye yönelik çalışmaları yapmak üzere İDKK bünyesinde 8 adet çalışma grubu şekillendirilmiştir. Bu çalışma gruplarının koordinatörleri ile konuları aşağıda sıralanmaktadır:

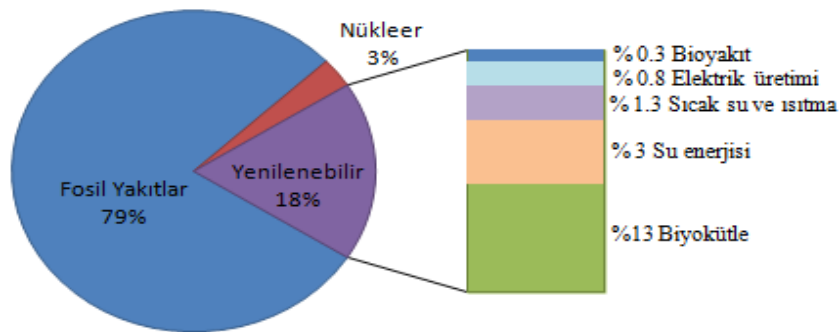
- İklim Değişikliğinin Etkilerinin Araştırılması (Devlet Meteoroloji İşleri Gn. Md)
- Sera Gazları Emisyon Envanteri (Türkiye İstatistik Kurumu)
- Sanayi, Konut, Atık Yönetimi ve Hizmet Sektörlerinde Sera Gazı Azaltımı (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)
- Enerji Sektöründe Sera Gazı Azaltımı (Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı)
- Ulaştırma Sektöründe Sera Gazı Azaltımı (Ulaştırma Bakanlığı)
- Arazi Kullanımı, Arazi Kullanım Değişikliği ve Ormancılık (Çevre ve Orman Bakanlığı)
- Politika ve Strateji Geliştirme (Çevre ve Orman Bakanlığı)
- Eğitim ve Kamuoyunu Bilinçlendirme (Çevre ve Orman Bakanlığı)

Türkiye'nin 1990-2010 yıllarına ait sera gazı emisyon envanteri, 14 Nisan 2012 tarihinde Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Sekretaryasına sunulmuştur. Envanter sonuçlarına göre 2010 yılında toplam sera gazı emisyonu CO₂ eşdeğeri olarak 401.9 milyon ton olarak tahmin edilmiştir. CO₂ eşdeğeri olarak 2010 yılı toplam sera gazı emisyonu 1990 yılına göre % 115 artış göstermiştir. 2010 yılında toplam CO₂ emisyonlarının yaklaşık % 85'i enerji, % 15'i ise endüstriyel işlemlerden kaynaklanmaktadır. CH₄ emisyonlarının % 59'unun atıktan, % 30'unun tarımsal faaliyetlerden, % 10'unun enerjiden, N₂O emisyonlarının ise % 74'ünün tarımsal faaliyetlerden, % 14'ünün atıktan ve % 12'sinin enerjiden kaynaklandığı tespit edilmiştir. 2010 yılında kişi başı CO₂ eşdeğer emisyonu 5.51 ton/kişi olarak hesaplanmış olup, bu değer 1990 yılında 3.39 ton/kişi'dir. Toplam sera gazı emisyonlarının sektörlere ve yıllara göre dağılımları Tablo 2'de gösterilmektedir (URL-1).

Tablo 2. Türkiye’deki toplam sera gazı emisyonlarının sektörlere ve yıllara göre dağılımı

	1990	1995	2000	2005	2010
CO ₂	141.36	173.90	225.43	259.61	326.47
CH ₄	33.50	46.87	53.30	52.38	57.54
N ₂ O	11.57	16.22	16.62	14.18	13.03
F Gazları	0.60	0.52	1.66	3.73	4.89
Enerji	132.13	160.79	212.55	241.75	285.07
Endüstriyel İşlemler	15.44	24.21	24.37	28.78	53.90
Tarımsal Faaliyetler	29.78	28.68	27.37	25.84	27.13
Atık	9.68	23.83	32.72	33.52	35.83
Toplam	187.03	237.51	297.01	329.90	401.92
1990 yılına göre artış yüzdesi	-	26.99	58.80	76.39	114.90

Birçok bilimsel çalışmalar CO₂ seviyelerinin son 200 yıl içerisinde % 31 arttığını ortaya koymaktadır. Bu seviyelerin artması ile yeryüzü sıcaklığı son yüzyılda yaklaşık 0.6 C artmıştır ve sonuç olarak, deniz seviyesinin yaklaşık 20 cm yükseldiği tahmin edilmektedir (Dinçer ve Rosen, 1999). Bu endişeler yenilenebilir enerjilerin gelişimini ve kullanımını gündeme getirmiştir. Yenilenebilir enerji kaynakları tekrar tekrar enerji üretmek için kullanılabilir olan kaynaklardır. Örneğin, güneş enerjisi, rüzgâr enerjisi, biyokütle, jeotermal enerji vb. ve aynı zamanda sık sık alternatif enerji kaynakları olarak da bilinirler (Rathore ve Panwar, 2007). Yenilenebilir enerji, 2007 yılında dünya toplam birincil enerji arzının %18'ini oluşturmaktadır. Yenilenebilir enerji arzının % 79' unu da biyokütle meydana getirmektedir (Şekil 2) (Yüksel ve Kaygusuz, 2011).



Şekil 2. Yenilenebilir enerjinin küresel enerji tüketimi içerisindeki payı (Yüksel ve Kaygusuz, 2011)

Biyokütle enerjisinin tükenmez bir kaynak olması, her yerde elde edilebilmesi, özellikle kırsal alanlar için sosyo-ekonomik gelişmelere yardımcı olması nedeniyle uygun ve önemli bir enerji kaynağı olarak görülmektedir. Ormanların içerdiği odun ve odunsu biyoküteller de yenilebilir enerji kaynaklarından sayılmaktadır. Bu nedenle gelişmiş teknolojilerin daha etkin kullanımı ile orman biyokütlesinden enerji üretimini gerçekleştirilmektedir. Ormanlardan sağlanan biyokütle dünya enerji taleplerinin karşılanmasında önemli katkı yapmaktadır. Tesis edilecek endüstriyel plantasyonlar ve enerji ormanlarıyla bu katkının daha da artırılması olasıdır. Fotosentez ile enerji biçiminde depolanan enerji miktarı, dünyanın yıllık enerji gereksiniminin yaklaşık on katına eşdeğerdir. Ormanlar yeşil ekonomiler oluştururken, bir yandan da ana karbon yutakları olarak iklim değişikliğinin etkilerini azaltırlar. Gerek atmosfere bırakılan sera gazı yayılımlarının azaltılmasında, gerekse atmosferden sera gazı emme yoluyla 'karbon yutağı' oluşturulmasında önemli roller oynamaktadır. Nitekim tortul kayalar dışında, karalarda tutulan karbonun yaklaşık % 67'si orman ekosistemlerinde depolanmış durumdadır. Bitki örtüsü tarafından tutulan karbonun % 75'i de ormanlarda depolanmıştır (Saraçoğlu, 2011).

Yeryüzünün bir diğer önemli karbon havuzu da okyanuslardır. Yeryüzündeki ikinci karbon havuzu olan okyanuslar aldıkları 104 milyar ton CO₂'in 100'ünü geri vermektedir. Orman ekosistemleri ise atmosferden her yıl 100 milyar ton CO₂ almalarına karşın bunun ancak yarısını geri vermektedir. Ormanların bu yönden üstünlükleri de bu ekosistemlerin bu konuda tek kaynak olduğunu ortaya koymaktadır. Bu bağlamda baskın elemanı ağaç ve ağaççık olan orman ekosistemleri, canlı biyokütlerde, ölü organik maddede ve toprak içinde taşıdıkları karbon ile karasal ekosistemler içinde küresel karbon döngüsünün motoru konumundadır.

Havadaki CO₂'nin organik madde haline dönüşmesi, bitkilerin yaprak miktarına bağlıdır. Ormanlar diğer bitki topluluklarına göre en fazla yaprak miktarına sahip olduklarından meralara ve tarımsal bitki topluluklarına oranla daha fazla CO₂ tüketmektedir. Değişik ekosistemlerin bitkisel üretim potansiyelleri Tablo 3'de gösterilmiştir.

Tablo 3. Değişik ekosistemlerin bitkisel üretim potansiyelleri

Yersel Ekosistemler		Bitkisel Üretim	Ortalama (ton/yıl/ha)
		En düşük-En yüksek (ton/yıl/ha)	
Orman		8-14	11
Dağlık Mera ve Ilıman Çayırlar		1-5	3
Tarım	Hububat	4-10	7
	Patates	4-8	

Biyokütlenin toprak altı, toprak ve toprak üstü olmak üzere üç önemli bileşeni bulunmaktadır. Çoğu araştırmacı biyokütle ile ilgili çalışmalarını çalışma kolaylığı açısından toprak üstü ile sınırlı tutmaktadır. Toprak üstü biyokütle ve karbon depolama yaygın olarak belirlenmekte iken kök ve toprak gibi diğer bileşenler için bu durum böyle değildir. Bütün bu bileşenler orman ekosistemi döngüsünde karbon depolama miktarı için önemli rol oynamaktadır. Örneğin tropikal dağlık yağmur ormanları için toprak karbon hesapları, toplam orman ekosistemindeki karbon depolama miktarının % 60'ından daha fazladır (Delaney ve diğ., 1997). Üstelik, bir karbon havuzu olan kalın odun döküntülerinin rolü, yukarı doğu Brezilya amazon ormanlarında 107.8 ton/ha gibi büyük depolar olabilmelerine rağmen genellikle ihmal edilmektedir (Keller ve diğ., 2004).

Bu bileşenlerin önemi göz önüne alındığında ormanların ekosistem bazında toplam biyokütle ve karbon depolama miktarlarını doğru bir şekilde belirlemek için geniş çaplı ölçümler ve çalışmalar yapılmalıdır. Karbonun orman ekosistemlerinde biriktiği yerler karbon havuzları olarak tanımlanmakta ve üç ana kategoriye ayrılmaktadır. Orman ekosistemlerindeki karbon havuzları ve temel bileşenleri Tablo 4'da gösterilmiştir.

Tablo 4. Orman ekosistemlerindeki karbon havuzları ve temel bileşenleri

Karbon Havuzları	Temel bileşenler	
Toprak Üstü	Ağaç	Gövde, Kabuk, Dal, Yaprak/İbre, Sürgün
	Diri Örtü	Toprak üzerindeki otsu ya da odunsu çalı formundaki canlı tabaka
	Ölü Örtü	Organik toprak üzerindeki tüm ölü tabaka
	Ölü Odun (Dikili Kuru)	Döküntü ya da canlı gövdeler dışında dikili kuru haldeki veya tabanda ya da toprakta bulunan tüm odunsu biyokütle
Toprak	Toprak organik maddesi	
Toprak Altı	Kökler	Kılcal (0-2cm), ince(2-5cm), kalın(5-10cm) kökleri içermektedir.

Geleneksel ormancılık envanterinde göğüs çapı 8 cm'den küçük olan ağaç, ağaççık, çalı türleri ve otsu bitkilerle ilgili veri olmadığı için, alt tabaka tarafından tutulan karbon miktarı ile ölü örtü tabakası, ağaç enkazları ve humusun hesaba katılmadığı ve sadece göğüs çapı 8 cm'den büyük çaplı ağaçların dikkate alındığı hesaplamalar bize doğru bilgi sunmamaktadır. Aslında, ağaçlar tarafından tutulan miktardan daha fazla miktarda karbon tutan orman toprağı ve çürüntü tabakası yukarıda açıklanan nedenlerden ötürü hesaba dahil edilememektedir. Bu nedenle ülkemiz ormanlarında tutulan toplam karbon, geleneksel yöntemlerle hesaplanan karbon miktarından çok daha fazladır (Türkeş, 2002).

Karbon depolama miktarının belirlenmesine ilişkin ülkemizde yapılan çalışmalar incelendiğinde, sadece toprak üstü biyoküttele ya da sadece toprak altı biyoküttele depolanan karbon miktarının belirlendiği görülmektedir. Çok az sayıda çalışmada ise toprakta depolanan karbon miktarı belirlenmiştir. Bu nedenle, orman ekosistemi bir bütün olarak değerlendirildiğinde, ekosistemi oluşturan tüm karbon havuzlarında depolanan karbon miktarının bilinmesi gerekmektedir. Yapılan bu çalışma ile bu eksikliklerin giderilerek tüm orman ekosisteminde depolanan karbon miktarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla Kayın türünün Türkiye'de en iyi gelişim gösterdiği Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü çalışma alanı olarak seçilmiştir.

1.2. Kayın (*Fagus orientalis* L.)' in Doğal Yayılışı ve Ekolojisi

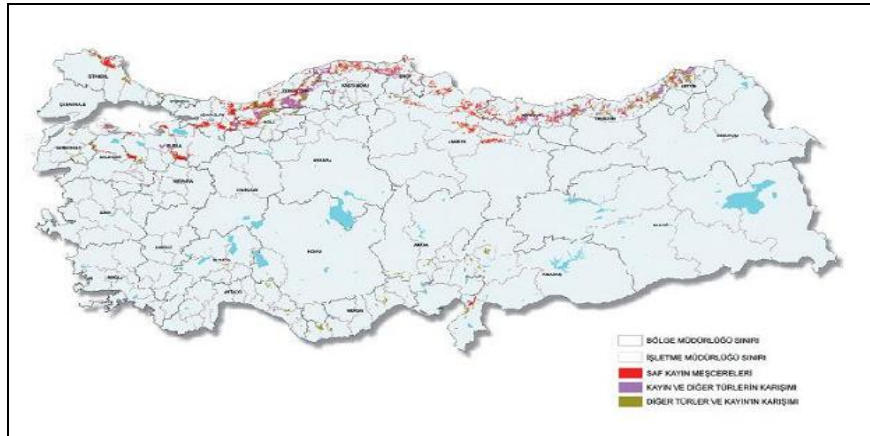
Fagus orientalis Lipsky. (Doğu Kayını) Bulgaristan'da Doğu Balkan dağlarının güney yamaçları Rodop dağları ve Kuzey Makedonya'dan başlar. Trakya'nın kuzey ve güney (Tekirdağ) kenar dağları (Istranca dağları) ile bağlantı kurarak İstanbul üzerinde Kocaeli yarımadasına atlayarak oradan kuzey kenar dağları boyunca Kafkasya'ya ve Kırım'a kadar uzanır. Doğu kayınının Dünya'daki yayılış alanı Şekil 3'te verilmiştir. Türkiye'de asıl yayılışını ve en iyi gelişimini Karadeniz sahillerinde yapmaktadır. Karadeniz sahil kesimleri yanında Karadeniz ardı alanlarda da örneğin Sinop, Boyabat, Göktepe, Deresökü ormanlarında, Vezirköprü, Bolu yöreleri ile Kocaeli, Marmara kıyıları ve Batı Anadolu'da yer yer izlenir.

Bu genel yayılışının yanında doğu kayını güneyde Adana'nın Pos ormanlarında Ziyaret tepe yöresinde küçük bir adacık halinde, daha doğuda Kahramanmaraş-Andırın yörelerinde, aşağıya doğru Amanos dağlarının yüksek kesimlerinde yerel halde

yayılmaktadır. Ülkemizdeki yayılışında tek başına saf ormanlar kurabildiği gibi, çoğu kez öteki ağaç türleri ile özellikle doğu ladini, sarıçam, karaçam, göknar türleri hatta Toros sediri gibi iğne yapraklılarla, yapraklı türlerden ise çoğunlukla meşe türleri ve gürgenlerle karışık meşcereler kurar. Doğu Kayın'ın Türkiye'deki yayılış alanı Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 3. Doğu Kayın'ının dünyadaki yayılış alanı



Şekil 4. Doğu Kayın'ının Türkiyedeki yayılış alanı

Doğu Kayını'nın ülkemizdeki yatay yayılışı 38 54"–45 10" kuzey enlemleri ile 22 00"–49 00" doğu boylamları arasındadır (Atalay, 1992). Dikey yayılışı ise; Karadeniz bölgesinde kıyından başlayan Kayın, Batı Karadeniz'de 1300 m'ye, Doğu Karadeniz'de 1800-1900 m arasında bulunur ve yer yer 1100- 1400 metrelere çıkar. Karadeniz ardında 1000 m'den sonra başlar, 1700-1800 m'ye kadar çıkar. Güney Marmara bölümünde, 500

m'den sonra ormanlar kurar, iç kısımlara doğru gidildikçe 1000-1200 m ile 1500-1700 m hatta 1800 m.ye ulaşır. Güney Anadolu'da, ormanların yüksek yetişme yerlerinde yaklaşık 1500 m'lerden başlayarak 1500-1600 m ile 1750 m üzerinde yayılış gösterir (Saatçioğlu, 1976; Atalay, 1992).

Doğu Kayını 30-40 metreye kadar boylanabilen, bir metrenin üstünde çap yapabilen dolgun ve düzgün gövdeli birinci sınıf orman ağacıdır. Açık kül renginde kabuk ince ve düzgündür. Genç sürgünler tüylüdür. Yapraklar elips, ters yumurta biçiminde, sivri uzun yada kısa uçludur. 6-12 cm uzunluğundadır. Körpe iken kenarları kirpiklidir. Alt yüzünde damar boyunca ipek gibi tüylü, diğer tarafları çıplaktır. 7-10 (8-12) çift damar vardır. Bu yan damarlar yaprak kenarına ulaşmadan uçları kıvrılır. Yaprak sapı 0.5-1.5 cm uzunluğunda ve tüylüdür (Şekil 5).

Kayın genç yaşlardan itibaren ince yan kökler geliştirerek yürek kök sistemi oluşturur. Ancak sığ topraklarda köklerini çatlak ve oyuklara sokabildiği ölçüde gelişebilir (Atay, 1987). Mayer'n orman zonları ayrımına göre kayın, Castanetum'un serin zonu (250-500 m) ile sıcak Fagetum zonu (500-1000 m) arasında bulunmaktadır (Anonim, 1985). İlkbahar donlarına ve düşük kış sıcaklıklarına karşı hassastır. Özellikle gençlik çağında iklim etkilerine karşı oldukça hassastır. Bunun için kurak yaz ayları ile erken ve geç donların kayın ormanlarının yayılışını sınırlayan başlıca neden olduğu belirtilmektedir (Kalıpsız, 1962). Gölgeye dayanıklı bir ağaç türü olan kayın, kuzey ve kuzey-batı bakılar hakim olmak üzere gölgeli bakılarda yayılış gösterir (Anonim, 1985; Atay, 1987; Atay, 1990). İyi yetişme ortamlarında yaklaşık 25-30 yıl gölgeye dayanabilen (Atay, 1987) kayın ağacı Grime (1977)'in bitkilerin yaşama ortamlarına evrimsel uyum stratejileri ile ilgili ortaya attığı teoriye göre rekabetçi strese katlanabilen bir tür olarak sınıflandırılabilir. Kayın genelde % 18-58 eğime sahip yamaçlarda (Anonim, 1985) besin içeriği, süzekliği ve havalanma şartları iyi, orta derinlikteki (30-60 cm) ve derin topraklarda (60-100 cm) iyi gelişme gösteren ağaç türüdür (Atalay,1987; Atalay, 1992). Karadeniz bölgesindeki kayın meşcerelerinde toprak pH'sı genelde 4.5-6 arasında ölçülmekte ise de (Atalay, 1992) Tayvanda pH'sı 4'ten düşük olan topraklarda da kayın meşcerelerinin bulunduğu belirlenmiştir (Hsieh, 1989).

Doğu kayınının odunu; dayanıklı olması, kolay işlenebilmesi ve emprenye tekniklerine uygun olması gibi nedenlerden dolayı geniş bir kullanım alanına sahiptir. Kesme ve soyma kaplama levhalarında, kontraplak ve kontratabla üretiminde, modern ve klasik masif mobilya ile iskelet yapımlarında, bükme ve tornalı ürünlerde, iç dekorasyonda

(lambri, süpürgelik, separatör v.b.), parke endüstrisinde, oyuncak sanayiinde, iş ve marangoz tezgahları ile karoser yapımında, palet ve travers üretiminde, lif ve yonga levha üretimi ile kağıt endüstrisinde kayın odunu kullanılmaktadır (Bozkurt, 1982; Merev, 2003).



Şekil 5. Doğu Kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.) genel görünümü

Ülkemiz ormanlarında doğal olarak bulunan doğu kayını (*Fagus orientalis* Lipsky.), 1.85 milyon ha yayılış alanı ile en geniş yayılış alanına sahip dördüncü türdür. Kayın ormanlarımızın toplam serveti 310.433.952 m³, yıllık toplam artım ise 7.382.841 m³'tür. Bu türe ait ormanlardan yılda ortalama 2.491.192 m³ eta elde edilmektedir (TOE, 2010). Kayın türünün 2010 Türkiye Orman Envanterine (TOE) göre Bölge Müdürlükleri bazında alansal dağılımı Tablo 5'te gösterilmiştir.

Tablo 5. Kayın türünün TOE'ye göre alansal dağılımı

BÖLGE MÜDÜRLÜĞÜ	KORU		KORUYA T.+ BAL TALIK		TOPLAM(Ha)
	Normal(Ha)	Bozuk(Ha)	Normal(Ha)	Bozuk(Ha)	
ADANA	6461.5	3960.0		2562.0	12983.5
ADAPAZARI	148626.7	14535.8		504.5	163667.0
AMASYA	247248.1	52628.8	540.0	113.5	300530.4
ANKARA	3531.0	378.6			3909.6
ARTVİN	50425.5	22783.9			73209.4
BALIKESİR	26629.5	7524.6	3.0	1734.0	35891.1
BOLU	148628.1	5000.6			153628.7
BURSA	103333.0	27949.5		2405.1	133687.6
ÇANAKKALE	6101.5	273.7		37.0	6412.2
GİRESUN	148134.0	45712.5	64.5	4209.5	198120.5
İSTANBUL	73928.2	2871.5		56.0	76855.7
KAHRAMANMARAŞ	19471.7	10107.0		119.0	29697.7
KASTAMONU	106418.6	1418.9			107837.5
TRABZON	62885.0	69730.1			132615.1
ZONGULDAK	294990.4	18283.8			313274.2
KÜTAHYA	7029.0	201.5		72.5	7303.0
SİNOP	80854.0	9029.2	780.5	519.5	91183.2
TOPLAM	1534695.8	328030.0	1388.0	12332.6	1840806.4

2. YAPILAN ÇALIŞMALAR

2.1. Materyal

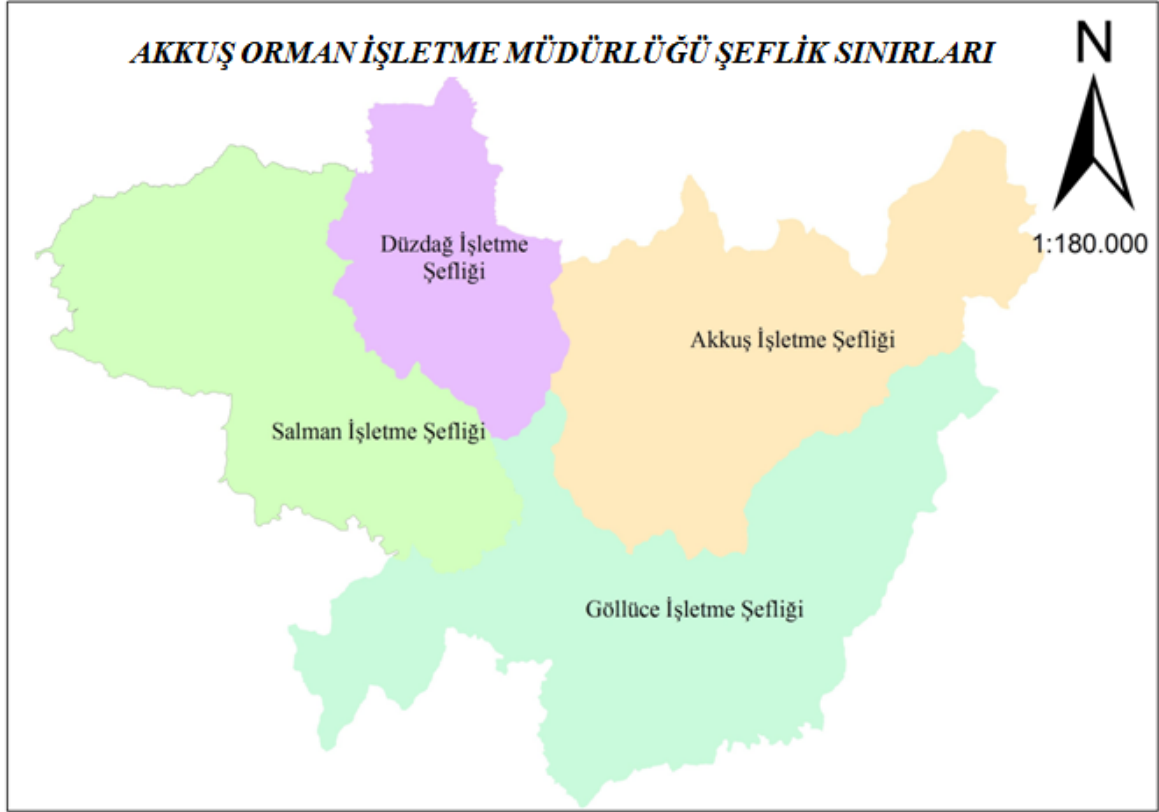
2.1.1. Araştırma Alanının Tanıtımı

Araştırma alanı, Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü Ordu ili Akkuş ilçesi'ni kapsayıp (Şekil 6), ilçe Doğu Karadeniz'in dış kesimlerinde Canik sıradağları üzerinde Argan tepesi eteklerinde kurulmuştur. Ünye -Niksar karayolu üzerinde Ünye'ye 55 kilometre mesafede yer almaktadır. İlçenin denizden ortalama yüksekliği 1340 metredir. Yörenin iklimi, yaylaların tipik karakteristikleri ile uyumludur. İlçe yılın 4-5 ayı kar altındadır. Yılın kalan aylarında sis ve yağmur dönüşümlü olarak ilçenin iklim yapısını oluşturmaktadır.



Şekil 6. Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü'nün Giresun Orman Bölge Müdürlüğü'ndeki yeri

Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü, Akkuş, Düzdağ, Göllüce ve Salman Orman İşletme Şefliği olmak üzere 4 adet İşletme Şefliğinden oluşmaktadır (Şekil 7). Çalışmamız bu şefliklerin tümünde gerçekleştirilmiştir. Şefliklere ait ormanlık, ormansız ve genel alan değerleri, servet ve yıllık artım ile birlikte Tablo 6’da verilmiştir.



Şekil 7. Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü Şeflik sınırları

Tablo 6. Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü'ne ait şeffliklerin alan, servet ve yıllık artım değerleri

İşletme Müdürlüğü Adı	A L A N			Toplam Ormanlık Alan Ha	S E R V E T			YILLIK ARTIM			Toplam Ormansız Alan Ha	Genel Alan Ha
	Koru		Koruya T. Ve Baltalık		Koru		Koruya T. Ve Baltalık	Koru		Koruya T. Ve Baltalık		
	Normal Ha.	Bozuk Ha.	Normal Ha.		Normal m ³	Bozuk m ³	Normal Ster	Normal m ³	Bozuk m ³	Normal Ster		
AKKUŞ	9156.3	955.8	0.0	10112.1	2164346	45124	0	58515	735	0	6691.2	16803.3
DÜZDAĞ	5520.6	256.5	0.0	5777.1	1497844	2565	0	38653	52	0	3833.4	9610.5
GÖLLÜCE	11120.9	2797.5	0.0	13918.4	2690766	75771	0	55214	1645	0	10027.4	23945.4
SALMAN	7210.9	1576.9	0.0	8787.8	1217444	15764	0	37333	313	0	9893.1	18680.9

2.1.2. Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yapılan Çalışmalar

2.1.2.1. Toprak Üstü Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yapılan Çalışmalar

2.1.2.1.1. Ağaca İlişkin Yapılan Çalışmalar

Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki saf kayın meşcerelerinden 30 adet örnek alan, bu örnek alanlardan da 34 adet örnek ağaç alınmıştır. Örnek ağaçların seçiminde; farklı çap basamaklarında olabildiğince eşit sayıda ve aynı çap basamağından da farklı boylardan olabildiğince eşit sayıda olmasına dikkat edilmiştir. Örnek ağaçların canlı, tepesi sağlam ve sağlıklı olmasına özen gösterilmiştir. Bu şekilde farklı çap ve boylarda 34 adet örnek ağaç alınmıştır. Örnek ağaçların çap, boy ve tepe özelliklerine ait değerler Tablo 7'de verilmiştir.

Tablo 7. Örnek ağaçların çap ve boy sınıflarına dağılımı

Çap sınıfları	Boy (m)												Σ
	10-11.9	12-13.9	14-15.9	16-17.9	18-19.9	20-21.9	22-23.9	24-25.9	26-27.9	28-29.9	30-31.9	32-34	
8-11.9	**	*											3
12-15.9			*		**								3
16-19.9			**		*								3
20-23.9					*				**		*		4
24-27.9						*	*		*				3
28-31.9							*		*		*		3
32-35.9						*	*		*				3
36-39.9									*	*	*		3
40-43.9					*			*	*				3
44-47,9						*	*		*				3
>48							*		*			*	3
Σ	2	1	3		5	3	5	1	9	1	3	1	34

2.1.2.1.2. Ölü ve Diri Örtüye İlişkin Yapılan Çalışmalar

Ölü örtüde depolanan karbon miktarının belirlenmesi için saf kayın meşcerelerinden değişik yaş sınıflarında ve aynı yaş sınıfı içerisinde değişik yetiştirme ortamı verim gücüne sahip 30 adet örnek alan alınmıştır. Her örnek alan içerisinde meşcereyi temsil edecek şekilde 25 x 25 cm büyüklüğünde, 4 farklı noktadan toplam 120 adet ölü örtü örneği alınmıştır.

Diri örtüdeki depolanan karbon miktarının belirlenmesi için her bir örnek alan içinde, 1 x 1 m büyüklüğündeki kareler yardımı ile kareler içerisindeki tüm diri örtü örnek olarak alınmıştır. 30 örnek alandan sadece dördünde hiç diri örtü olmadığından 26 adet diri örtü örneği alınmıştır. Diri örtü alınan örnek alanlarda diri örtü yoğunlukları da kaydedilmiştir.

2.1.2.2. Toprakta Depolanan Karbon Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yapılan Çalışmalar

Toprakta depolanan karbon miktarını belirlemek için her örnek alanda 1x1m boyutunda toprak profili açılmıştır. Profil üzerinde belirli kademelerden (0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm, 50-80 cm, >80 cm) çelik toprak alma silindiri (1000 cm³'lük) ile toprak örnekleri alınmıştır. Kazılan toprak profillerinin tümü anakayanın derinliği nedeniyle 1 m derinliğinde olmayabilmiştir. Bu nedenle her örnek alanda eşit sayıda toprak örneği alınamamıştır. Bu şekilde 30 örnek alandan toplam 139 adet toprak örneği alınmıştır.

2.2. Yöntem

Orman ekosistemindeki her bileşenin depoladığı karbon miktarını belirlemek için, her bileşene özgü yöntemler kullanılmıştır.

2.2.1. Toprak üstü Karbon Depolama Miktarının Belirlenmesine İlişkin Yöntem

2.2.1.1. Ağaç Bileşenine İlişkin Yöntem

Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki saf kayın meşcerelerinden değişik çap ve boylarda seçilen 34 adet örnek ağaç 0.30 m yükseklikten kesilmiştir. Kesilen örnek ağaçların göğüs çapı ile boyu ve 3.30 m, 5.30 m, 7.30 m ...şeklinde 2'şer m'lik seksiyonlar halinde gövde çapları ölçülmüştür. Bu ölçümlerden yararlanarak her bir örnek ağacın gövde hacmi hesaplanmıştır. Kesilen örnek ağacın gövdesinden ağaç boyunun ortasına denk gelecek şekilde 5-7 cm kalınlığında gövde enine kesiti alınmıştır. Alınan gövde enine kesiti üzerinde çevre, kalınlık ile yaş ağırlık ölçümleri yapılmıştır. Örnek ağacın toplam dal hacmini hesaplamak amacıyla gövde üzerindeki tüm dalların çap ve boyları ölçülmüştür. Ayrıca örnek ağacı temsil edecek çap ve boyda bir dal örnek dal olarak seçilerek kesilmiştir. Alınan örnek dalın yaprakları daldan ayrılmış ve hem dal hem de yaprak yaş ağırlıkları ölçülmüştür.

Laboratuvara getirilen gövde, dal, yaprak örneklerinden, gövde ve dal örnekleri 96 saat, yapraklar 24 saat süre ile 105±3 °C'de kurutma fırınında bekletilmiştir. Fırından çıkartıldıktan sonra gövde kesitlerinin fırın kurusu ağırlığı, kabuklu halde çevresi ve

kalınlıkları ölçülmüş, daha sonra kabukları soyularak kabuksuz halde çevresi, kalınlığı ve ağırlığı ölçülmüştür. Bu ölçümler yardımıyla örnek ağaçlara ait her bileşenin kuru ağırlıkları olan biyokütleleri belirlenmiştir.

Her bir örnek ağacın gövde biyokütlesini belirlemek için, gövdenin ortasından alınan gövde enine kesitinin yaş hacmi ile kuru ağırlığı, örnek ağacın yaş haldeki hacmi ile oranlanarak elde edilmiştir.

Dal biyokütlesini belirlemek için, her bir örnek ağacın toplam dal hacmi, örnek dalın hacmi ile kuru ağırlığından yararlanılarak bulunmuştur.

Yaprak biyokütlesini belirlemek için, her bir örnek ağacın toplam dal hacminden yararlanılmıştır. Ağacın dallanmasını temsil edecek şekilde seçilen örnek daldaki yaprak kuru ağırlığı belirlenerek örnek ağacın dal hacmiyle ilişkilendirilerek bulunmuştur.

Kabuk biyokütlesini belirlemek için ise, örnek ağacın kabuklu yaş hacmi, gövdenin yaklaşık orta yerinden alınan örnek gövde kesitinin kabuklu yaş hacmi ile ilişkilendirilmiştir. Bulunan bu oran ile örnek ağacın gövde enine kesitinin kabuk kuru ağırlığı çarpılarak örnek ağacın kabuk kuru ağırlığı hesaplanmıştır.

Biyokütle hesabı yapıldıktan sonra, fırın kurusu haline getirilmiş tüm örnekler karbon analizi için küçük küçük parçalara ayrılmış, öğütme değirmeninde öğütülerek toz haline getirilerek karbon analizleri COSTECH marka CHNS-O Elementel Analiz cihazı ile yapılmıştır.

2.2.1.2. Ölü ve Diri Örtü Bileşenlerine İlişkin Yöntem

Her örnek alan içerisinde meşcereyi temsil edecek şekilde 4 adet 25 x 25 cm boyutunda toplam 120 adet ölü örtü örnekleri alınmıştır. Kare örnekler içerisine düşen ölü örtü tabakası toplanarak poşetlenmiş ve arazide yaş halde ağırlıkları ölçülmüştür.

Diri örtü biyokütlesini bulmak için, yine örnek alanlar içerisinde meşcereyi temsil edecek şekilde belirlenen bir yerde, 1 x 1 m boyutunda quadrat içindeki tüm diri örtü toplanarak 26 adet diri örtü örneği alınmıştır. Bu örnekler arazide poşetlenerek ağırlıkları tartılmıştır. Ayrıca alınan örnek alanın diri örtü yoğunluğu belirlenmiştir.

Örnek alanlardan alınan ölü örtü, diri örtü örnekleri 105 ± 3 °C'de 24 saat süre ile kurutma fırınında bekletilerek kurutulmuş ve değişmez ağırlığa gelen bu örnekler ait kuru ağırlık değerleri 0.01 gr hassasiyetli tartıda ölçülüp kaydedilmiştir.

Çalışma alanımız olan saf kayın meşcerelerinin hiçbirinde ölü odun bulunmadığından dolayı ölü odunda karbon depolama miktarını belirlemek için çalışma yapılamamıştır.

Ölü örtü biyokütlesini belirlemek için, 25 x 25 cm lik alanlardan alınan ölü örtülerin kuru ağırlıkları örneklenen alan ile ilişkiye getirilmiş ve hektardaki ölü örtü biyokütlesi bulunmuştur. 1 x 1 m lik alanlardan alınmış olan diri örtüler ise örnek alanların diri örtü yoğunluğu ile ilişkiye getirilmiş ve hektardaki diri örtü biyokütlesi hesaplanmıştır.

Fırın kurusu haline gelen diri ve ölü örtü örnekleri öğütme değirmeni ile öğütülerek karbon analizine hazır hale getirilmiştir. Karbon analizleri COSTECH marka CHNS-O Elementel Analiz cihazı ile yapılmıştır.

2.2.2. Toprağa İlişkin Yöntem

Her örnek alanda 1 x 1 m boyutunda toprak profili açılmış 0-10 cm, 10-30 cm, 30-50 cm, 50-80 cm, >80 cm yüksekliklerinde 10 cm çapında, 10 cm yüksekliğinde 1000 cm³'lük toprak alma silindirleri çakılmıştır. Silindir içerisindeki toprak örnekleri çıkarılarak poşetlenmiş ve arazideki yaş ağırlıkları ölçülmüştür. Anakayanın derinliği nedeniyle her alanda tüm yüksekliklerden toprak örneği alınamamıştır.

Toprak örneklerini laboratuvara getirildikten sonra poşetlerinden çıkartılmış ve 48 saat süre bekletilerek hava kurusu haline gelmesi beklenmiştir. Hava kurusu ağırlıkları belirlendikten sonra çeşitli dönüşümler yapılarak hektardaki toprak kütlesi bulunmuştur.

Karbon analizi için, hava kurusu haline getirilmiş olan örnekler, toprak öğütme havanlarında öğütülmüştür. Öğütülen örnekler analizi yapılmadan önce 105±3 °C'de 12 saat kurutma fırınında bekletilmiş, çıkartıldıktan hemen sonra analizi yapılmıştır.

2.2.3. Karbon Analizi

Öğütme işleminin tamamlanmasından sonra ekosistem biyokütlesini oluşturan ağaç, diri- ölü örtü, toprak bileşenlerinde depolanan karbon miktarlarının belirlenmesi işlemine geçilmiştir. Bu amaçla, KTÜ Orman Fakültesi Hasılat laboratuvarında mevcut olan COSTECH marka CHNS-O Elementel Analiz Cihazı'ndan yararlanılmıştır. CHNS-O Elementel Analiz Cihazı, belli bir kütledeki örneğin içerdiği karbon ve azot elementlerinin

miktarını belirlemektedir. Cihaz atmosferik azot, % 99.9 saflıkta helyum ve oksijen gazları katalizörlüğünde; N, CN, CHN, CNS, CHNS gibi farklı konfigürasyonlarda analizler yapmaktadır. Seçilen konfigürasyona göre analiz süresi 4 dakikadan 30 dakikaya kadar değişebilmektedir. Çalışmada temel amaç örneklerin içerdiği karbon miktarının belirlenmesi olduğundan, CN konfigürasyonu kullanılmıştır. Cihazın genel görünümü Şekil 8’de verilmiştir.

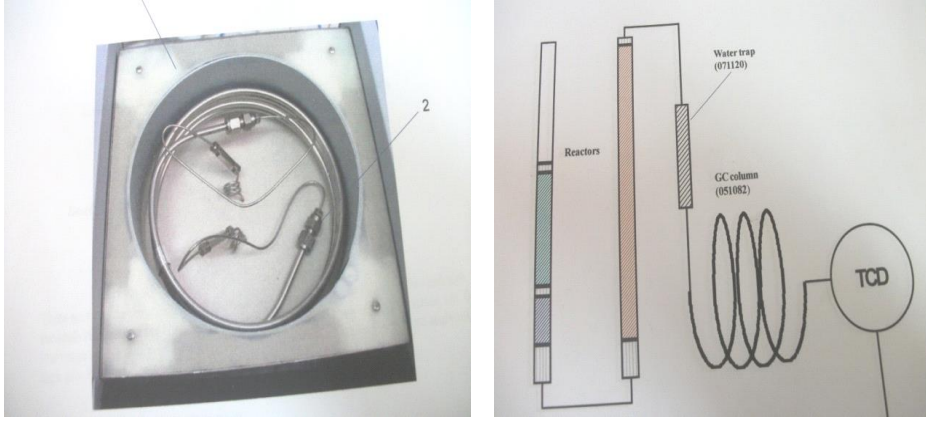


Şekil 8. Karbon analiz cihazının genel görünümü

Sağ ve sol fırın olarak iki kısımdan oluşan cihaz kuru yakma yöntemine göre çalışmaktadır (Şekil 9). Yüksek sıcaklıkta (1030 °C’de) yakmanın gerçekleştirildiği sağ fırında indirgeme reaktörleri bulunmakta, sol fırında ise yanma sonucu oluşan dumanda istenilen elementlerin miktarının belirlendiği GC (gas chromatography) ayırıştırma kolunu bulunmaktadır (Şekil 10).



Şekil 9. Sağ ve sol fırına ait görüntüler

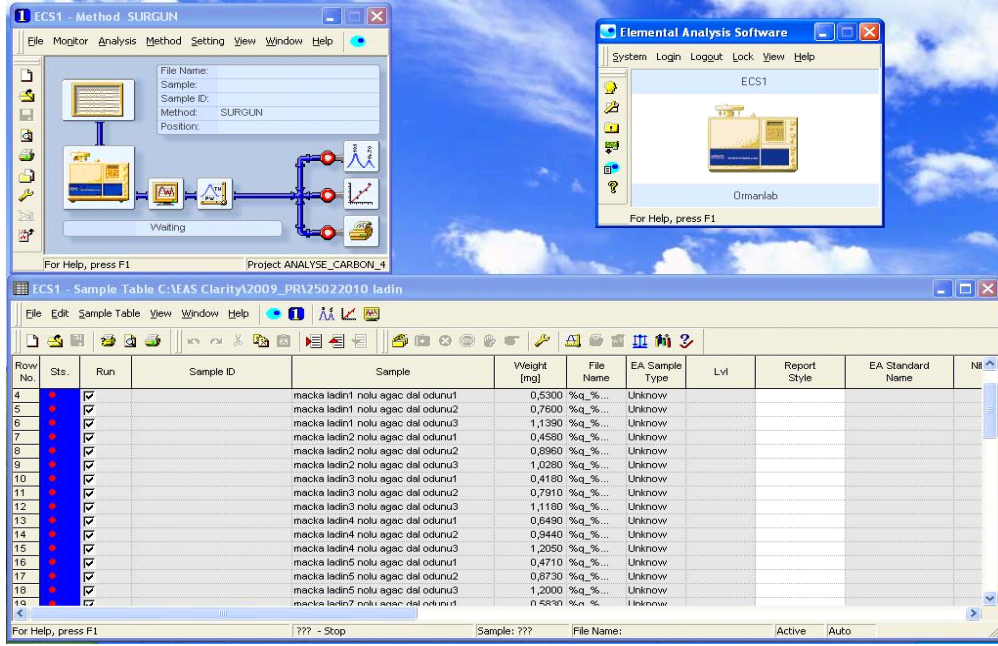


Şekil 10. GC ayırıştırma kolonunun ve reaktörlerin genel görünümü

Biyokütle miktarları belirlenen ve öğütülerek analize hazır hale getirilen örneklerden 0.5 – 1.0 – 1.5 mg ağırlığında ve üç tekrarlı olacak şekilde analiz örnekleri otomatik örnekleyici üzerine yerleştirilmiştir (Şekil 11). Bilgisayar yazılımında da örneklere ilişkin veriler ilgili tablolara aktarıldıktan sonra analiz işlemlerine başlanmıştır. Örneklerin sırası ile yanması sağlanmış ve içerdikleri karbon miktarı belirlenmiştir. Analiz sonuçları ağırlık (mg) ve yüzde cinsinden iki şekilde elde edilmiştir. Analiz işlemlerinde, süreç bilgisayar yazılımı yardımıyla kromatogramlar üzerinden anında takip edilmiştir (Şekil 12).



Şekil 11. Analiz edilecek örneklerin hazırlanması



Şekil 12. Örnek analiz dosyasının görünümü

2.2.4. Biyokütle ve Karbon Depolama Denklemlerinin Belirlenmesi

Biyokütle ve karbon depolama denklemlerinin geliştirilmesinde Regresyon Analizi yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin amacı, örnek ağaçlarda yapılan ölçümlere göre tüm ağaç ve ağaç bileşenlerinin biyokütleleri ile karbon miktarlarını, göğüs çapı ve boy gibi kolay ölçülebilen parametreler ile tahmin etmektir.

Bu çalışmada, ağacın gövde, dal, yaprak ve kabuğundan oluşan bileşenlerine ait, toprak üstü bileşenlerinin depoladığı karbonun tahmin edilebilmesi için bağımsız değişken olarak sadece çap kullanılmıştır. Çapın yanında boyun da kullanıldığı uygun bir regresyon modelinin geliştirilmesinin mümkün olmasına karşın, boyun genellikle hatasız bir şekilde belirlenmesi zor olduğundan denklemin başarısının düştüğü ifade edilmektedir (Nogueira ve diğ., 2008).

3. BULGULAR

3.1. Ağaç Bileşenlerine İlişkin Bulgular

Yöntem kısmında ayrıntılı olarak açıklandığı üzere orman ekosisteminde depolanan karbonu bulmaya yönelik böylesi temel bir araştırmada, öncelikle orman ekosistem bileşenlerinin biyokütlelerinin bulmak gerekir. Ancak, bundan sonraki çalışmalarda ise kayın ağacında depolanan karbonu bulmak için ağaç biyokütlesini bilmeye gerek kalmayacaktır. Çünkü bu çalışma ile geliştirilen karbon depolama denklemleri ile ağacın göğüs çapını bilmek yeterli olacaktır.

Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki saf kayın meşcerelerinden 30 adet örnek alanın yaşları 27 yıl ile 385 yıl arasında değişirken orta çapları 11.0 cm ile 51.7 cm arasında, göğüs yüzeyi 5.7 m² ile 59.5 m² arasında ve hacimleri ise 26.9 m³/ha ile 582.3 m³/ha arasında değiştiği görülmektedir. Örnek alanlara ait kimi bilgiler Tablo 8'de verilmiştir. 30 adet örnek alandan da 34 adet ağaç alınmış olup bu ağaçların çapları 8.5 cm ile 80.0 cm arasında, boyları ise 10.1 m ile 34.4 m arasında değişmektedir. Örnek ağaçlarda en düşük 17 kg ile en yüksek 4327 kg biyokütleye gövde bileşeni sahip iken, dal biyokütlesi 0.3 kg ile 3752 kg arasında, dal biyokütlesi 0.1 kg ile 2370 kg arasında ve kabuk biyokütlesi ise 0.6 kg ile 654 kg arasında değişmektedir. Ağaç biyokütlesi ise ortalama 10041 kg olup, 17.5 kg ile 10448 kg arasında değişmektedir (Tablo 9).

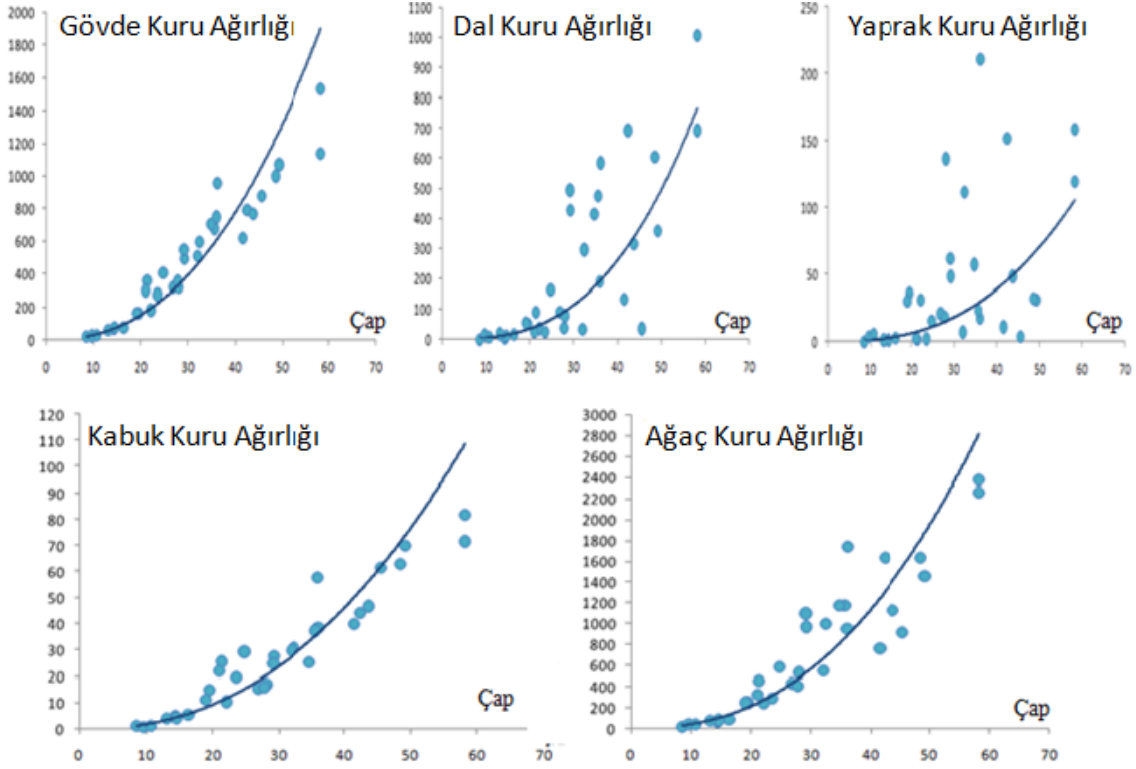
Tablo 8. Örnek alanlara ait bilgiler

	Meşcere Tipi	Yaş	Meşcere Ortaçapı (cm)	Ağaç Sayısı	Meşcere Göğüs Yüzeyi (m ² /ha)	Meşcere Hacmi(m ³ /ha)
1	Knd1	385	51.7	283	59.5	582.3
2	Knbc2	108	33.9	350	31.8	261.8
3	Kna3	39	12.9	583	7.7	40.3
4	Knbc3	47	14.7	517	8.8	48.1
5	Kncd3	106	31.9	733	58.8	499.3
6	Knab3	27	11.0	600	5.7	26.9
7	Kna3	30	11.4	633	6.5	31.7
8	Kncd3	96	35.6	250	24.8	196.9
9	Knbc3	54	15.8	833	16.3	91.3
10	Knbc3	52	15.5	767	14.4	81.7
11	Knbc3	82	25.0	517	24.8	175.0
12	Knc3	87	24.9	400	19.4	133.0
13	Knbc3	95	28.4	467	29.5	213.9
14	Kncd3	68	18.8	783	21.9	135.6
15	Kncd3	90	18.7	817	22.4	138.3
16	Knbc3	48	23.1	633	25.5	180.1
17	Knbc3	113	24.9	567	27.6	196.4
18	Knbc3	122	26.1	417	22.3	159.5
19	Knbc3	94	25.4	433	21.9	153.7
20	Knbc3	107	21.6	567	20.8	135.3
21	Kncd3	97	26.3	300	16.3	117.7
22	Knc3	157	25.5	433	22.1	158.8
23	Knc3	162	29.8	300	20.9	164.5
24	Knbc3	88	28.4	350	22.2	162.0
25	Knbc3	137	27.1	367	21.1	150.8
26	Knc3	145	33.3	383	33.3	262.9
27	Kncd3	153	36.7	433	45.9	387.3
28	Kncd3	168	18.7	717	19.7	128.0
29	Kncd3	140	25.8	633	33.0	240.1
30	Knbc3	164	25.6	550	28.2	201.6

Tablo 9. Ağaç bileşenlerine ilişkin biyokütle miktarları

Ağaç Bileşenleri	Biyokütle Miktarları (kg)		
	En düşük	En yüksek	Ortalama ± SD
Gövde	17.14	4326.83	600.67 ± 758.33
Dal	0.26	3751.89	329.6 ± 658.39
Yaprak	0.06	2369.61	110.97 ± 402.75
Kabuk	0.64	653.95	47.19 ± 109.52
Tüm ağaç	17.46	10448.33	10041.24 ± 1782.78

34 örnek ağacın gövde, dal, yaprak, kabuk biyokütleleri ile göğüs çapı arasında ilişki olup, çapa göre değişimi Şekil 13’de verilmiştir.



Şekil 13. Ağaç biyokütleleri ile göğüs çapı arasındaki ilişki

Ağaç bileşenlerinin biyokütlesini bulabilmek için alınan örnekler (gövde, dal, yaprak ve kabuk örnekleri) küçük parçalara ayrılarak öğütme değirmeninde öğütülmüş ve toz haline getirilerek karbon tayinin yapılmıştır. Elementel analiz cihazında gerçekleştirilen karbon analizleri sonucunda her örnek ağaçtaki tüm bileşenlerin (gövde, dal, yaprak ve kabuk) içerdikleri karbon miktarları ağırlık ve yüzde içeriği bulunarak Tablo 10’da verilmiştir.

Tablo 10. Ağaç bileşenlerindeki karbon içeriği

Örnek No	Çap (cm)	Boy (m)	Bileşenlerdeki Karbon İçeriği (%)			
			Gövde	Dal	Yaprak	Kabuk
1	80.0	34.4	46.1	47.4	46.3	44.6
2	26.8	20.6	46.3	46.7	45.8	44.7
3	8.5	13.5	46.2	47.8	45.5	46.7
4	14.3	14.4	46.0	47.8	46.4	44.1
5	36.1	28.2	45.5	48.1	47.4	45.9
6	9.6	10.1	46.5	46.4	46.7	46.0
7	10.7	11.0	46.3	47.6	48.6	45.8
8	21.3	26.9	45.9	48.1	49.5	46.3
9	16.3	14.2	46.4	48.9	46.9	68.6
10	19.5	14.7	45.9	51.5	48.7	45.9
11	22.1	19.1	47.1	46.3	49.9	44.8
12	28.0	22.2	45.9	48.2	47.7	43.3
13	32.4	23.5	46.6	47.1	47.0	43.9
14	19.0	18.8	46.5	47.1	48.3	44.5
15	27.8	23.0	46.2	46.4	48.2	46.1
16	14.5	19.1	46.3	47.8	45.3	44.3
17	32.0	27.3	46.2	47.2	46.2	46.0
18	36.0	31.2	45.9	47.6	46.2	46.3
19	21.0	26.7	46.7	47.1	46.4	45.7
20	29.2	27.4	46.1	48.9	45.4	45.4
21	29.1	30.1	46.8	46.5	43.9	44.9
22	42.4	24.9	46.1	48.5	46.5	44.7
23	49.2	23.8	45.9	47.5	46.7	43.7
24	24.7	27.7	45.9	48.7	45.9	45.0
25	23.5	31.2	45.8	48.4	45.3	44.5
26	41.5	19.3	45.5	46.2	44.8	45.3
27	43.7	20.3	45.9	48.0	46.2	44.1
28	45.5	23.4	46.1	46.9	45.2	43.6
29	58.2	27.4	46.1	47.5	45.4	43.7
30	48.5	26.2	46.1	46.9	44.9	43.8
31	35.6	26.3	45.8	48.9	45.1	44.1
32	58.2	26.7	46.1	48.64	45.7	44.9
33	13.1	18.0	46.0	47.92	45.3	44.8
34	34.7	21.4	45.88	47.57	46.4	45.7

Tablo 10'daki yüzde (%) değerler kullanılarak ağaç bileşenlerinde depolanan karbon miktarları Tablo 11' de verilmiştir.

Tablo 11. Ağaç bileşenlerindeki karbon miktarları (kg)

Örnek No	Çap (cm)	Boy (m)	Bileşenlerdeki Karbon Miktarı (kg)				Toplam Karbon Miktarı (kg)
			Gövde	Dal	Yaprak	Kabuk	
1	80.0	34.4	1693.4	1778.2	1097.1	291.9	4860.6
2	26.8	20.6	140.3	42.0	9.6	6.8	198.7
3	8.5	13.5	7.4	0.1	0.1	0.5	8.1
4	14.3	14.4	27.6	1.5	0.6	2.0	31.7
5	36.1	28.2	415.3	280.8	99.6	17.7	813.3
6	9.6	10.1	8.7	6.5	1.7	0.3	17.2
7	10.7	11.0	11.2	4.5	2.6	0.5	18.8
8	21.3	26.9	152.4	43.8	0.9	11.8	208.9
9	16.3	14.2	30.7	7.8	1.4	3.7	43.6
10	19.5	14.7	66.2	26.2	17.7	6.8	116.8
11	22.1	19.1	78.7	16.7	15.4	4.6	115.4
12	28.0	22.2	136.0	38.1	65.1	7.3	246.6
13	32.4	23.5	262.2	138.6	52.4	13.5	466.7
14	19.0	18.8	68.2	26.8	14.5	4.9	114.4
15	27.8	23.0	154.8	17.3	8.9	7.2	188.3
16	14.5	19.1	29.9	5.5	0.4	1.9	37.7
17	32.0	27.3	219.2	15.9	3.3	13.6	251.9
18	36.0	31.2	315.1	89.8	8.0	26.7	439.6
19	21.0	26.7	128.4	11.9	1.3	9.9	151.7
20	29.2	27.4	213.1	209.0	21.9	12.5	456.6
21	29.1	30.1	242.2	228.9	27.1	11.1	509.3
22	42.4	24.9	343.2	335.6	70.4	19.7	768.9
23	49.2	23.8	458.5	169.9	14.6	30.7	673.7
24	24.7	27.7	172.2	79.9	7.3	13.1	272.6
25	23.5	31.2	115.6	4.3	1.1	8.7	129.6
26	41.5	19.3	261.4	61.2	4.9	18.0	345.6
27	43.7	20.3	328.9	151.6	22.4	20.6	523.4
28	45.5	23.4	374.5	17.3	1.6	26.8	420.1
29	58.2	27.4	666.2	328.7	71.8	35.8	1102.4
30	48.5	26.2	430.6	283.1	14.5	27.5	755.8
31	35.6	26.3	291.6	232.9	10.5	16.4	55.4
32	58.2	26.7	490.1	488.3	54.5	32.2	1065.0
33	13.1	18.0	23.6	8.9	0.6	1.8	34.8
34	34.7	21.4	310.4	196.3	26.5	11.5	544.7

Tablo 11' den görüldüğü gibi en düşük karbon miktarı bu bileşenlerden 0.50 kg ile kabuk bileşeninde bulunmakta, gövde de depolanan karbon miktarı 7.43 kg ile 1693.38 kg arasında değişmektedir. Ağaç bileşenlerinden en çok karbon depolanan bileşen gövde iken, ikinci sırada dal, üçüncü sırada da yaprak olmaktadır. Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü saf kayın meşcerelerinde ağaç bileşeninde 8.08 kg ile 4860.58 kg arasında karbon tutulmaktadır.

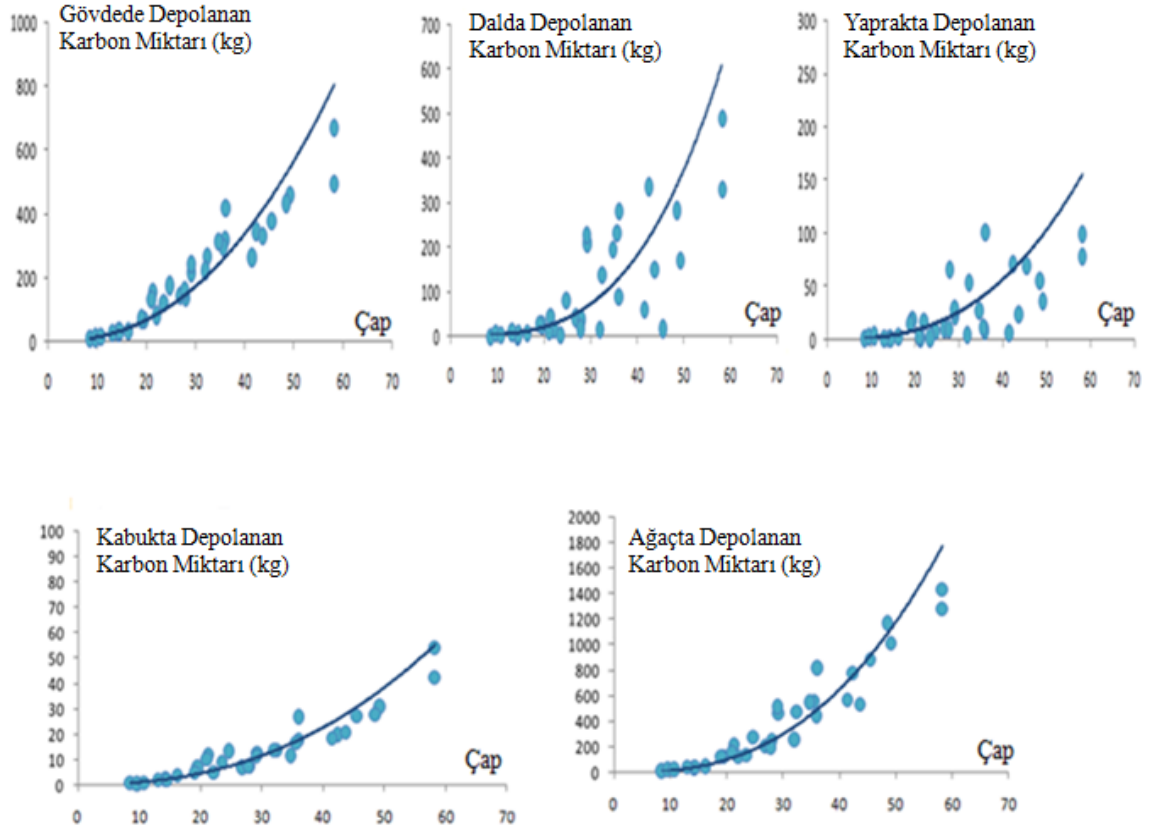
Orman ağaçlarının gövde, dal, yaprak ve kabuklarında depolanan karbon miktarı ile göğüs çapı arasındaki ilişki araştırılmış, Regresyon Analizi ile modellenmiştir. Gövde, dal, yaprak ile kabuk ve bunların tamamından oluşan karbon modellerinin tümü 0.05 önem düzeyi ile anlamlı modeller olup ya quadratik ya da power modelleri ile ifade edilmektedir (Tablo 12).

Tablo 12. Tek ağaç bileşenlerine ait karbon depolama modelleri

Biyokütle Bileşeni	Model	Katsayılar			R ²	S _{y.x}	Önem Düzeyi
		b ₀	b ₁	b ₂			
Gövde	$Y = b_0 d^{b_1}$	0.021448	2.709	-	0.967	0.216	$P < 0.001$
Dal	$Y = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	87.686	-12.11	0.416	0.997	23.28	$P < 0.001$
Yaprak	$Y = b_0 + b_1 d + b_2 d^2$	74.218	-9.329	0.276	0.997	13.66	$P < 0.001$
Kabuk	$Y = b_0 d^{b_1}$	0.003333	2.390	-	0.902	0.389	$P < 0.001$
Ağaç	$Y = b_0 d^{b_1}$	0.025672	2.775	-	0.966	0.238	$P < 0.001$

Burada Y , i -yinci ağacın tüm ağaçtaki karbon depolamasını göstermektedir.

Ağaç bileşeninin gövde, dal, yaprak ile kabuk ve bunların tamamından oluşan ağaç bileşeninin karbon depolama miktarlarının göğüs çapına göre dağılımı Şekil 16'da verilmiştir.



Şekil 14. Karbon depolama miktarı ile göğüs çapı arasındaki ilişki

3.2. Ölü Örtü Bileşenine İlişkin Bulgular

Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde saf kayın meşcerelerinde ölü örtüde depolanan karbonu bulmak için 25x25 cm boyutlarında quadratlarla 120 adet örnek alınmıştır. Örneklerin değerlendirilmesi sonucunda saf kayın meşcerelerinin ölü örtü biyokütlesi 4.8 ton/ha ile 27.0 ton/ha arasında değişirken, ortalama karbon içeriği % 34.9 olup ölü örtüde depolanan karbon miktarı 2 ton/ha ile 7 ton/ha arasında değişmektedir. Ölü örtü örneklerine ait ortalama biyokütle değerleri ile ortalama karbon içeriği %'si ve hektardaki biyokütle ile karbon miktarları Tablo 13'te verilmiştir.

Tablo 13. Ölü örtü bileşeninin biyokütle ve karbon depolama miktarlarına ilişkin değerler

Örnek Alan No	Ölü Örtü Örneklerinin Ortalama Biyokütelleri (kg)	Ölü Örtü Biyokütlesi (ton/ha)	Ortalama Karbon İçeriği (%)	Ölü Örtüde Depolanan Karbon Miktarı (ton/ha)
1	0.145	23.2	0.3	6.4
2	0.169	27.0	0.3	7.3
3	0.064	10.2	0.4	4.1
4	0.091	14.6	0.4	5.9
5	0.105	16.8	0.3	5.1
6	0.055	8.8	0.4	3.3
7	0.070	11.2	0.3	3.1
8	0.075	12.0	0.4	4.9
9	0.095	15.2	0.4	5.5
10	0.089	14.2	0.3	4.9
11	0.066	10.6	0.4	4.3
12	0.100	16.0	0.4	5.6
13	0.073	11.6	0.4	4.3
14	0.084	13.4	0.4	4.7
15	0.106	17.0	0.3	4.4
16	0.081	13.0	0.4	4.9
17	0.068	10.8	0.3	3.5
18	0.059	9.4	0.3	3.2
19	0.050	8.0	0.3	2.6
20	0.044	7.0	0.3	2.3
21	0.068	10.8	0.4	3.8
22	0.041	6.6	0.4	2.7
23	0.053	8.4	0.4	3.1
24	0.056	9.0	0.4	3.5
25	0.030	4.8	0.4	1.9
26	0.030	4.8	0.4	2.0
27	0.066	10.6	0.4	3.7
28	0.076	12.2	0.3	3.5
29	0.066	10.6	0.3	3.1
30	0.068	10.8	0.4	4.1

3.3. Diri Örtü Bileşenine İlişkin Bulgular

Diri örtü biyokütlesi ile karbon depolama miktarını belirlemek için, 26 adet örnek alandan diri örtü örnekleri alınmıştır. Diğer 4 alanda diri örtü bulunmadığı için örnek alınamamıştır. Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü saf

kayın meşcerelerinin diri örtü örneklerine ait biyokütle ve karbon içeriği ile hektarda depolanan toplam karbon miktarı belirlenmiştir (Tablo 14). Tüm bu çalışmalar ile diri örtü bileşeninde depolanan toplam karbon miktarının 0.01 ton/ha ile 0.33 ton/ha arasında değiştiği belirlenmiştir.

Tablo 14. Diri örtü bileşeninin biyokütle ve karbon depolama miktarlarına ilişkin değerler

Örnek Alan No	Diri Örtü Biyokütelleri (kg/ha)	Ortalama Karbon İçeriği (%)	Diri Örtüde Depolanan Karbon Miktarı (kg/ha)
1	375.0	37.8	141.7
2	75.0	36.1	27.0
3	135.0	32.7	44.2
4	292.5	41.5	121.4
5	120.0	33.4	40.1
6	52.5	44.1	23.1
7	52.5	38.8	20.4
8	75.0	42.9	32.2
9	67.5	38.3	25.8
10	67.5	36.	24.8
11	40.0	32.4	12.9
12	225.0	49.5	111.4
13	157.5	42.5	66.9
14	90.0	44.6	40.2
15	122.5	36.0	44.1
16	-	-	-
17	255.0	47.7	121.7
18	-	-	-
19	160.0	39.9	63.9
20	135.0	31.0	41.9
21	-	-	-
22	140.0	42.3	59.2
23	105.0	37.5	39.4
24	-	-	-
25	210.0	47.1	98.9
26	157.5	41.3	65.0
27	157.5	36.7	57.7
28	180.0	45.4	81.7
29	140.0	41.8	58.5
30	725.0	45.9	333.1

3.4. Toprak Kütlesi ile Karbon Depolama Miktarına İlişkin Bulgular

Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki saf kayın meşcerelerinde 30 adet örnek alan alınarak bu alanlarda 1 x 1 m boyutunda olan toprak profilleri açılmıştır. Bu profiller 0-10 cm, 10- 30 cm, 30- 50 cm, 50- 80 cm, >80 cm olmak üzere beş derinlik kademesine ayrılarak toprak alma silindiri ile toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örnekleri hava kurusu hale getirilerek, kuru ağırlıkları derinlik kademeleri itibariyle Tablo 15 'te verilmiştir.

Tablo 15. Toprak bileşenindeki biyokütle miktarları

Derinlik Kademeleri	Kütle Miktarı (ton/ha)		
	En düşük	En yüksek	Ortalama \pm SD
0-10 cm	210	505	374 \pm 70.9
10-30 cm	470	1220	866 \pm 181.7
30-50 cm	710	1710	1001 \pm 216.3
50-80 cm	0	2310	1480 \pm 402.8
> 80 cm	0	1420	714 \pm 527.9
Toplam	2375	7055	4435 \pm 1070.9

Kütle miktarları elde edilmiş olan belirli derinlik kademelerindeki toprak örneklerinin ayrı ayrı analizleri yapılarak karbon içerikleri bulunmuş ve depolanan karbon miktarları hesaplanmıştır. Yapılan çalışmalara göre toprakta depolanan en düşük toplam karbon miktarı 21.4 ton/ha iken en yüksek toplam karbon miktarı 189.3 ton/ha olarak bulunmuştur. Her örnek alanda açılmış olan toprak profillerinin derinlik kademelerinde depolanan karbon miktarları Tablo 16'da verilmiştir.

Tablo 16. Toprak profillerinin derinlik kademelerinde depolanan karbon miktarları

Örnek Alan No	Toprakta Depolanan Karbon Miktarı (ton/ha)					Toplam
	0-10 cm	10-30 cm	30-50 cm	50-80 cm	> 80 cm	
1	13.1	24.6	17.1	21.5	13.2	89.4
2	16.6	22.4	21.0	23.3	5.2	88.7
3	18.1	21.2	20.1	36.4	23.9	119.5
4	25.9	48.0	44.7	35.2	35.6	189.3
5	21.3	20.7	6.5	7.9	4.1	60.5
6	12.9	30.8	13.6	20.9	11.3	89.4
7	14.7	15.4	10.2	12.1	6.4	58.8
8	17.5	14.5	7.9	8.6	3.8	52.2
9	22.1	26.7	19.7	14.2	24.2	106.8
10	16.4	29.9	18.0	29.2	13.4	106.9
11	17.0	27.3	15.9	12.3	6.3	78.7
12	11.4	24.7	29.0	11.8	6.4	83.3
13	13.6	23.9	16.5	20.7	7.1	81.8
14	30.0	32.1	17.6	11.2	14.7	105.6
15	11.0	26.3	21.4	4.6	4.8	68.1
16	17.9	11.9	9.8	9.9	5.1	54.6
17	10.2	33.7	20.6	-	-	64.5
18	14.0	19.8	12.8	7.8	-	54.4
19	15.4	36.8	18.9	21.1	25.5	117.8
20	11.2	18.8	8.0	11.3	6.9	56.3
21	9.8	13.7	17.0	31.7	10.7	82.9
22	12.0	21.2	26.0	20.1	24.0	103.3
23	8.6	17.6	9.1	7.0	-	42.3
24	7.2	5.5	4.9	3.8	-	21.4
25	17.0	20.8	18.8	27.4	-	84.1
26	21.6	57.1	36.4	51.2	-	166.4
27	20.9	42.1	41.9	28.9	-	133.8
28	4.1	8.8	5.3	3.4	-	21.5
29	7.4	10.3	2.4	5.6	-	25.8
30	4.7	7.1	5.1	8.7	-	25.6

Toprakta depolanan karbon miktarı belirlendikten sonra toprakta depolanan karbon miktarı ile derinlik kademeleri arasındaki ilişki araştırılmıştır. Yapılan varyans analizi sonucunda toprakta depolanan karbon miktarının değiştiği sonucuna varılmıştır. En çok karbonun 10-30 cm derinlik kademesinde olduğu (23.8 ton/ha) olduğu, diğer tüm derinlik kademelerinde depolanan karbon miktarı arasında fark olmadığı sonucuna varılmıştır ($P<0.05$). Aynı şekilde toprakta depolanan karbon miktarının yaş sınıfları ve meşçere

servetine göre değişip değişmediği Varyans analizi ile test edilmiştir. Analiz sonucunda toprakta depolanan karbonun yaş sınıfları ve meşcere servetine göre değişmediği görülmüştür ($P>0.05$).

3.5. Kayın Meşcerelerinin Karbon Depolama Miktarına İlişkin Bulgular

Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisinde saf kayın meşcerelerinde ekosistem bazında karbon depolama miktarı elde edilen bulgular sonucunda, ağaç bileşeninde ortalama 171.9 ton/ha, ölü örtü bileşeninde 4.06 ton/ha, diri örtü bileşeninde 0.07 ton/ha olup tüm toprak üstünde ise 176.0 ton/ha karbon biriktirdiği bulunmuştur. Toprakta depolanan karbon miktarı ise ortalama 81.1 ton/ha olup, 21.4 ton/ha ile 189.3 ton/ha arasında değiştii görülmüştür. Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü saf kayın meşcerelerinde depolanan toplam karbon miktarı ortalama 257.1 ton/ha olarak elde edilmiştir. Ekosistem bazında çalışılmış Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü saf kayın meşcerelerinin karbon depolama miktarları Tablo 17’de verilmiştir.

Tablo 17. Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü saf kayın meşcerelerinin karbon depolama miktarları

Biyokütle Bileşeni			Karbon Miktarı (ton/ha)			
			En düşük	En yüksek	Ortalama	SD
Toprak Üstü	Ağaç	Gövde Odunu	8.99	301.56	97.19	72.75
		Dal Odunu	3.63	175.32	46.52	42.49
		Yaprak	1.32	103.53	23.31	24.37
		Kabuk	0.63	12.71	4.86	3.14
		Tüm Ağaç	18.99	592.92	171.88	142.19
	Ölü Örtü	1.96	7.32	4.06	1.30	
	Diri Örtü	0.01	0.33	0.07	0.06	
Toprak	Derinlik	0-10 cm	4.10	30.00	14.79	6.00
		10-30 cm	5.50	57.10	23.79	11.77
		30-50 cm	2.40	44.70	17.21	10.45
		50-80 cm	3.40	51.20	17.51	11.72
		> 80 cm	3.80	35.60	12.63	9.17
	Toplam	21.40	189.30	81.12	39.92	

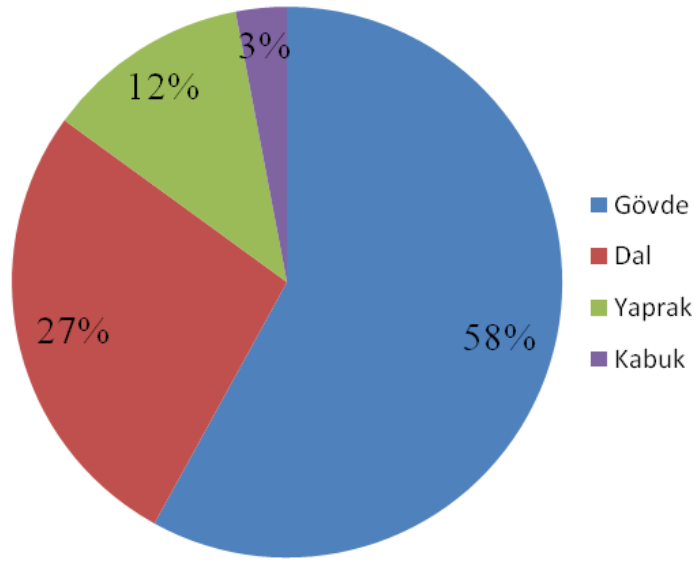
4. TARTIŞMA VE SONUÇLAR

Bu çalışma sonucunda, Giresun Orman Bölge Müdürlüğü, Akkuş İşletme Müdürlüğü saf kayın meşcerelerinde ağaç bileşenleri içerisindeki karbon içeriği en yüksek % 47.7 ile dal odununda daha sonrasında sırasıyla % 46.5 ile yaprakta, % 46.2 ile gövdede ve en az miktarda da % 45.6 ile kabukta bulunduğu belirlenmiştir. Makineci ve diğ. (2011) tarafından Trakya yöresi meşe ekosistemlerinde yapılan çalışmada ağaç bileşenlerine ilişkin karbon içerikleri yaprakta, dalda ve gövde odununda % 49, kabukta ise % 48 oranında bulunmuştur. Güneybatı Çin’de tropikal orman ekosistemlerinde ağaç bileşenlerindeki karbon içeriğinin sırasıyla yaprakta % 41, dal odununda % 44, gövde odununda ise % 45 oranında olduğu belirlenmiştir (JW Tang ve diğ., 2012). Kore çamı (*Pinus koreansis*) plantasyonlarında ise gövde odununda % 48.2, kabukta % 48.3, ibrede % 49.6 ve dal odununda % 50.8 oranında karbon depolandığı belirlenmiştir (Xiaodong Li ve diğ., 2011). Yavuz ve diğ. (2010) tarafından sarıçam türünde yapılan çalışmada karbon içeriği en fazla ibrelerde (% 53.4) birikirken, en az oranda ise kabukta (% 5.6) olarak bulunmuştur. Laiho ve Laine (1997) sarıçamda yaptıkları çalışmada, ibrede % 53.8, kabukta % 53.2, dal odununda % 53.1, gövde odununda ise % 51.8 oranında karbon bulunduğunu belirlemişlerdir (Tablo 18).

Tablo 18. Benzer çalışmalara ilişkin karbon içeriği değerleri

	Ağaç Türü	Gövde (%)	Dal(%)	Yaprak(%)	Kabuk(%)
Laiho ve Laine (1997)	<i>Pinus sylvestris</i>	51.8	53.1	53.8	53.2
Ritson (2002)	<i>Pinus pinaster</i>	49.7	56.6	-	-
Peichl (2006)	<i>Pinus strobus</i>	47.0	49.0	51.0	46.0
Tolunay (2009)	<i>Pinus sylvestris</i>	51.2	54.7	53.02	53.5
Yavuz ve diğ. (2010)	<i>Pinus sylvestris</i>	20.8	39.4	53.4	5.6
Makineci ve diğ. (2011)	<i>Quercus L.</i>	49.0	49.0	49.0	48.0
Xiaodong Li et. al. (2011)	<i>Pinus koreaensis</i>	48.2	50.8	49.6	48.3
Mısır ve diğ.(2011)	<i>Picea orientalis</i>	34.3	37.5	46.8	44.3
Mısır ve diğ. (2012)	<i>Abies nordmanniana</i> <i>S.subsp. bornmülleriana</i>	56.1	46.6	45.0	38.0
JW Tang et. al. (2012)	Tropikal ormanlar	45.0	44.0	41.0	-
Mısır ve diğ. (2013)	<i>Fagus orientalis</i>	43.81	45.34	44.38	44.53
Erkut S. (2013)	<i>Fagus orientalis</i>	46.15	47.71	46.46	45.64

Ağaç biyokütlesi içerisinde en büyük bölümü gövde odunu oluşturmaktadır. Bu nedenle, ağaçta depolanan toplam karbon miktarının da en büyük kısmı gövde odunu içerisinde yer almaktadır. Bu çalışmada bir kayın ağacında depolanan toplam karbon miktarının % 58.5'i gövde odununda olduğu tespit edilmiştir (Şekil 15). Benzer şekilde Mısır ve diğ. (2013) tarafından doğu kayını meşcereleri için yapılan bir başka çalışmada bu değer % 81.5 olarak elde edilmiştir. Makineci ve diğ. (2012) tarafından meşe ekosistemlerinde karbon depolama miktarını belirlemeye ilişkin yapılan çalışmada ağaç bileşenleri içerisinde depolanan karbon miktarı % 62 oran ile en yüksek gövde odununda olduğu belirlenmiştir. Sarıçam türüne ilişkin ülke genelinde yaptıkları çalışmada Yavuz ve diğ. (2010), gövde odununda depolanan karbon miktarını % 62.2, Bolu'daki genç sarıçam meşcerelerinin karbon depolamasını çalışan Tolunay (2009), bu değeri % 70.2 olarak elde etmiştir. Danimarka'da yapılan bir çalışmada ise batı ladini (*Picea abies*) ağaç türünde toplam toprak üstü karbon miktarının % 68.8 - % 72.1'inin gövde odununda olduğu belirtilmektedir (Skovsgaard ve diğ., 2006). Finlandiya'da sarıçam (*Pinus sylvestris*) ağaç türünde yapılan diğer bir çalışmada ise gövde odununda depolanan karbon miktarı, toplam toprak üstü karbon miktarının % 45.4 – % 73.1'i arasında olduğu belirlenmiştir (Laiho and Laine, 1997). JW Tang ve diğ. (2012) tarafından Güneybatı Çin'de tropikal orman ekosistemlerinde yapılan çalışmada gövdede depolanan karbon miktarının % 64.3 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 15. Ağaçta depolanan toplam karbon miktarının ağaç bileşenlerine dağılımı

Lamlom ve Savidge (2003), tarafından Kuzey Amerika’da 41 ağaç türü için yapılan çalışmada, gövde odunu karbon içeriğinin ibreli ağaç türlerinde % 46.3 ile % 49.9, yapraklı ağaç türlerinde ise % 47.2 ile % 55.2 arasında olduğu belirlenmiştir. İbreli ve yapraklı ağaç türlerinde gövde odunundaki karbon içeriği arasındaki bu fark lignin içeriğinin ibreli ağaç türlerinde yapraklı ağaç türlerine göre daha yüksek olmasından kaynaklandığı ifade edilmektedir.

Ağaç bileşenlerinin karbon içerikleri ile göğüs çapı arasında ilişkiler bu çalışma kapsamında belirlenmiş ve sonuçlar Tablo 12’de verilmiştir. En yüksek belirtme katsayısı (R^2) dal ve yaprağa ilişkin modellerde elde edilmiştir (% 99.7). Diğer bileşenlere bakıldığında ise göğüs çapına göre gövdede depolanan karbon miktarını tahmin eden modelin belirtme katsayısı % 96.7, ağaç bileşeninde depolanan karbon miktarını veren modelin belirtme katsayısı % 96.6 olarak elde edilmiştir. En düşük belirtme katsayısı ise kabuktaki karbon miktarının belirlendiği modelde elde edilmiştir (% 90.2). Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü’ne bağlı saf kayın meşcerelerinde yapılmış olan çalışmada (Mısır ve diğ. 2013), en yüksek belirtme katsayısı değerine, ağaçta depolanan karbonu veren model (% 91.6) sahiptir. Makineci ve diğ. (2011) tarafından meşe ekosistemlerinde yapılan çalışmada ağaç bileşenlerinde depolanan karbon miktarını belirlemek için oluşturulmuş olan modeller içerisinde en yüksek belirtme katsayısı % 79.5 ile kabuk bileşeninde iken en düşük belirtme katsayısı % 73 ile yaprak bileşeninde olduğu belirtilmiştir.

Yapılan bu çalışmada, toplam toprak üstü karbon miktarı 176.1 ton/ha olup, bunun % 97.6’sını ağaç bileşeni, % 2.3’ünü ölü örtü bileşeni ve % 0.1’ini ise diri örtü bileşeni oluşturmaktadır. Benzer şekilde yapılan çalışmalara bakıldığında meşe ekosistemlerinde toplam toprak üstü karbon miktarı 50.3 ton/ha olarak bulunmuş ve bu değer % 93’ünün ağaç bileşeninde, % 5.2’sinin ölü örtü bileşeninde, % 0.9’unun diri örtü bileşeninde olduğu görülmüştür (Makineci ve diğ. 2012). JW Tang ve diğ. 2012 tarafından tropikal orman ekosistemlerinde toplam toprak üstü karbon miktarı 157.3 ton/ha olarak tespit edilmiş, % 98.8’ini ağaç, % 0.2’sini diri örtü, % 1.0’ünü ölü örtü bileşeninin oluşturduğu belirtilmiştir. Xiadong Li ve diğ. (2011) tarafından kore çamı plantasyonlarında yapılan çalışmada toplam toprak üstü karbon miktarı 104.2 ton/ha olup, bunun % 92.8’ini ağaç, % 5.9’unu ölü örtü, %1.1’ini de diri örtü bileşeni oluşturmaktadır. Biao Zhu ve diğ. (2010) tarafından ılıman orman ekosistemlerinde yapılan çalışmada huş meşcerelerinde toplam toprak üstü karbon miktarı 105 ton/ha iken bunun % 91.9’unu ağaç, % 5.6’sını ölü örtü, % 2.4’ünü diri örtü oluşturmaktadır.

Giresun Orman Bölge Müdürlüğü, Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü saf kayın meşcerelerinin toprağında depolanan karbon miktarının 21.4 ton/ha ile 189.3 ton/ha arasında değiştiği ve ortalama 81.1 ton/ha olduğu bulunmuştur. Çalışmada, topraktaki derinlik kademelerine göre karbon miktarı, 0-10 cm için 14.79 ton/ha, 10-30 cm için 23.79 ton/ha, 30-50 cm için 17.21 ton/ha, 50-80 cm için 17.5 ton/ha ve > 80 cm için 12.63 ton/ha olarak elde edilmiştir. Toprakta depolanan karbon miktarı ile derinlik kademeleri arasındaki ilişki araştırılmış, yapılan varyans analizi sonucunda toprakta depolanan karbon miktarının değiştiği sonucuna varılmıştır. En çok karbonun 10-30 cm derinlik kademesinde olduğu (23.8 ton/ha) olduğu, diğer tüm derinlik kademelerinde depolanan karbon miktarı arasında fark olmadığı sonucuna varılmıştır ($P < 0.05$). Benzer çalışmalara bakıldığında, Mısır ve diğ. (2013) tarafından yapılan Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü'ne bağlı saf kayın meşcerelerinin toprak bileşeninde depolanan karbon miktarlarının ise, derinlik kademelerine göre ortalama 0-10 cm'de 2.2 ton/ha, 10-30 cm'de 3.54 ton/ha, 30-50 cm'de 2.15 ton/ha, 50-80 cm'de 3.11 ton/ha ve > 80 cm'de 2.09 ton/ha olduğu belirtilmiştir. Makineci ve diğ. (2012), meşe ekosistemlerindeki toprak bileşeninde depolanan karbon miktarının 56-190 ton/ha arasında değiştiğini ve ortalama 98 ton/ha olduğunu belirtmişlerdir. Toprak bileşeninde depolanan karbon miktarının, Güneybatı Çin tropikal ormanlarında, ortalama 50 ton/ha olduğu (JW Tang ve diğ. 2012), Sudan'daki akasya meşcerelerinde ortalama 55.9 ton/ha olduğu (SA Alam ve diğ. 2013), ılıman ormanlardaki huş meşcerelerinde ise 88.7 ton/ha olduğu belirtilmiştir (Biao Zhu ve diğ. 2010).

Yapılan bu çalışmada Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki saf kayın meşcerelerinde depolanan toplam karbon miktarının ortalama 257.1 ton/ha olduğu ve bunun % 68.5 'ini toprak üstü bileşeni, % 31.5 'ini toprak bileşeninin oluşturduğu görülmüştür. Ekosistem bazında yapılan benzer çalışmalara bakıldığında, Yeni Zelanda'da da kayın meşcerelerinde toplam karbonun %79'unun toprak üstünde, % 21'inin toprakta depolandığı belirtilmiştir (Hart ve diğ., 2003). Aynı şekilde Çin yarı tropikal ormanlarında % 68.7 oranında toprak üstünde, % 31.3 oranında toprakta karbon depolandığı belirtilmiştir (Xiao-Tao Lü ve diğ., 2010). Benzer çalışmalara ilişkin toprak üstü ve topraktaki karbon miktarları Tablo 19' de verilmiştir.

Tablo 19. Benzer çalışmalara ilişkin toprak üstü ve topraktaki karbon miktarları

	Toprak üstü C miktarı (ton/ha)			Toprak C Miktarı(ton/ha)	Toplam (ton/ha)
	Ağaç	Ölü Örtü	Diri Örtü		
P.B.S. Hart et al. 2003	165.9	12.3	27.3	54.7	260.2
Biao Zhu et al. 2010	81.9	5.9	2.5	88.7	179.0
Xiao-Tao Lü et al. 2010	198.3	1.4	0.7	91.1	291.5
Xiaodong Li et al. 2011	96.7	1.4	1.1	32.9	132.1
Quercus L. (Makineci ve diğ. 2012)	47.2	2.5	0.4	98.9	149.0
JW Tang et al. 2012	123.7	1.7	0.2	50.0	175.6
V. Uri et al. 2012	32.4	7.6	0.12	48.3	88.4
<i>Abies nordmanniana</i> S.subsp. <i>bornmülleriana</i> (Mısır ve diğ. 2012)	145.6	6.0	0.16	155.6	307.6
<i>Fagus orientalis</i> (Mısır ve diğ. 2013)	201.5	4.1	0.6	13.1	219.3
<i>Fagus orientalis</i> (Giresun OBM Akkuş OİM,2013)	171.9	4.1	0.1	81.1	257.1

Çalışma sonucunda 30 adet örnek alana ait toprak üstü tüm ağaç biyokütlesinin içerdiği karbon miktarına ilişkin bulgular, LULUCF kılavuzunda verilen biyokütle dönüştürme faktörü katsayısı yardımıyla elde edilen veriler ile karşılaştırılmıştır. Giresun Orman Bölge Müdürlüğü Akkuş Orman İşletme Müdürlüğü sınırları içerisindeki saf kayın meşcerelerinde ağaçta depolanan toplam karbon miktarı ortalama 171.89 ton/ha iken, ASAN'ın ülkemiz için belirlemiş olduğu katsayılar kullanılarak hesaplandığında bu değer ortalama 181.83 ton/ha olarak bulunmuştur. Ölü örtü ve diri örtü bileşenleri için karbon depolama miktarını yapmış olduğumuz çalışmada ortalama 4.13 ton/ha iken, ASAN'ın belirlediği katsayılara göre hesapladığımızda 66.9 ton/ha olarak elde edilmiştir. Yapılan karşılaştırma sonucunda biyokütle dönüştürme katsayısı kullanılarak elde edilen değerlerin daha yüksek sonuç verdiği gözlenmiştir. Aynı karşılaştırma toprak içinde yapıldığında 6.2 ton fark olduğu görülmüş, ASAN'ın belirlediği katsayılar kullanıldığında toplam toprak karbon miktarının % 7.1 oranında fazla sonuç verdiği gözlenmiştir. Elde edilen değerler Paired Sample Test yöntemi ile istatistiksel anlamda karşılaştırıldığında ağaç ve ölü örtü, diri örtü bileşenleri arasında fark olduğu (ağaç için $t = 5.431$, ölü ve diri örtü için $t = 7.263$), toprak bileşeni için aralarında fark olmadığı (toprak için $t = 0.383$) belirlenmiştir ($p > 0.05$).

5. ÖNERİLER

Dünyadaki toplam orman alanı 3 milyar 952 milyon hektar olup dünya kara alanının % 30'una karşılık gelmektedir. Karasal biyolojik çeşitliliğin dörtte üçünü bünyesinde barındıran ormanlar, aynı zamanda karasal karbon havuzlarının yaklaşık yarısını oluşturmakta ve bu nedenle dünya iklimini düzenlemede önemli bir rol oynamaktadır (URL-2).

Türkiye karmaşık iklim yapısı içinde, özellikle küresel ısınmaya bağlı olarak, görülebilecek bir iklim değişikliğinden en fazla etkilenecek ülkelerden birisidir. Doğal olarak üç tarafından denizlerle çevrili olması, engebeli bir topografyaya sahip olması ve orografik özellikleri nedeniyle, Türkiye'nin farklı bölgeleri iklim değişikliğinden farklı biçimde ve değişik boyutlarda etkilenecektir (Öztürk, 2002). Bu nedenlerle ormanlarımızın karbon depolama kapasitelerinin belirlenmesi, zaman içinde karbon depolama kapasitesindeki değişimlerinin nasıl olduğu, planlama ünitelerine göre karbon depolama kapasitesinin nasıl değiştiği, yapılan müdahalelerin karbon depolama kapasitesini nasıl etkilediğini en hızlı ve pratik şekilde belirlemek büyük önem taşımaktadır.

Karbon depolama kapasitesi belirlenirken, biyokütle içerisindeki karbon hesaplandığından dolayı ilk olarak ormanların biyokütle miktarının belirlenmesi gerekmektedir. Biyokütle miktarının belirlenmesinde birçok yöntem bulunmaktadır. Tek ağaç ögelerinin ve tek ağacın toplam yaş ve kuru ağırlıklarının saptanabilmesi, diğer yöntemlere göre daha güvenilir sonuçlar vermesi nedeni ile dünyada en çok tercih edilen ve kullanılan yöntem Regresyon Analizi Yöntemi' dir.

Orman biyokütlesi terimi incelendiğinde, biyokütlenin sadece toprak üstü ağaç biyokütlesinden (gövde, dal, yaprak, kabuk ve tüm ağaç) ibaret olmadığı, toprak üstü biyokütlenin ölü ve diri örtü biyokütlesini de kapsadığı; bunun yanında toprak, toprak altı, endüstriyel odun, yakacak odun ve satılabilir odun biyokütlesinin de orman biyokütlesine dahil olduğu bilinmektedir.

Saf kayın meşcereleri için karbon depolama miktarını belirlemek amacıyla yapılan bu çalışmada da toprak üstü ve toprak biyokütlesi belirlenmiştir. Çalışmanın eksikliği olarak, toprak altında depolanan karbon miktarının belirlenememesi gösterilebilir.

Orman alanlarındaki biyokütleyi dolayısıyla karbon birikimini arttırabileceğimiz ülkemizde 10.1 milyon hektar bozuk orman alanımız vardır. Bu açıdan ülkemiz büyük bir

potansiyeye sahiptir. Bu nedenle hem politik, hem de mali yönden desteklenen ağaçlandırma projeleri gerçekleştirilmelidir. G ve kentleşme nedeniyle terk edilen araziler ormana dönüştürülmelidir.

Aalar kesildiğinde ya da endüstriyel anlamda kullanıldığında bitki büyümesi esnasında alınan miktarda karbonla hemen hemen aynı miktarda karbonu dışarı verir. Bu sebeple biyokütlenin kullanımı, atmosferdeki CO₂ in birikimine katkıda bulunmaz. Bu yüzden endüstriyel amaçlı, sanayide fosil yakıtlar kullanmak yerine hızlı gelişen türlerimizden oluşan enerji ormanları kurulmalı ve bunlara amenajman planlarında da yer verilmelidir. Hatta amenajman planında karbon depolama işletme sınıfı oluşturma alternatifi de göz önüne alınmalıdır.

6. KAYNAKLAR

- Alam, S.A., Starr, M. ve Clark, B.J.F., 2013. Tree biomass and soil organic carbon densities across the Sudanese woodland savannah: A regional carbon sequestration study, *Journal of Arid Environments*, 89, 67-76.
- Anonim, 1985. Artvin OİM Artvin Planlama Birimi Orman Amenajman Planı, Artvin OBM, 1985-2004.
- Asan, Ü., 1999. Orman Kaynaklarının Çok Amaçlı Kullanımı ve Planlama Sistemleri, Ormanların Çok Amaçlı Olarak Planlanması Semineri, Kasım, Bolu, Bildiriler Kitabı: 33-40.
- Atalay, İ., 1987. Sedir Ormanlarının Yayılış Gösterdiği Alanlar, Yakın Çevresinin Genel Ekolojik Özellikleri, Sedir Tohum Transfer Rejyonlaması, Ankara Orman Genel Müd., No: 663.
- Atalay, İ., 1992. Bilgisayar Destekli İnfomasyon Sistemi, Ormancılığımızda Orman Amenajmanının Dünü, Bugünü ve Geleceğine İlişkin Genel Görüşme, Bildiriler Kitabı, 209-213, Ankara.
- Atay, İ., 1987. Doğal Gençleştirme Yöntemleri I-II, İ.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yayınlarından, Yayın No: 3461, 1, İstanbul.
- Atay, İ., 1990. Silvikültür II (Silvikültürün Tekniği), İ.Ü. Orman Fakültesi, Yayın No: 3599, 405, İstanbul.
- Delaney, M., Brown, S., Lugo, A.E., TorresLezama, A. ve Quintero, N.B., 1997. The distribution of organic carbon in major components of forests located in five life zones of Venezuela. *J. Trop. Ecol.* 13, 697-708.
- Demirbas, A., 2000. Recent advances in biomass conversion Technologies, *Energy Educational Science and Technology*, 6, 19-40.
- Dinçer, I., 1998. Energy and environmental impacts: present and future perspectives, *Energy Sources Part A: Recovery, Utilization and Environmental Effects*, 20, 4, 53-427.
- Dinçer, I. ve Rosen, M.A., 1999. Energy, environment and sustainable development, *Applied Energy*, 64, 427-440.
- Dinçer, I., 2000. Renewable energy and sustainable development: a crucial review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 4, 2, 75-157.

- Farhad, S., Saffar-Avval M. ve Younessi-Sinaki 2008. Efficient design of feed water heaters network in steam power plants using pinch technology and exergy analysis, *International Journal of Energy Research*, 32, 1-11.
- Grime, J.P., 1977. Evidence for the existence of three primary strategies in plants its relevance to ecological and evolutionary theory, *The American Naturalist*, 982, 1109-1104, England.
- Hart, P.B.S., Clinton, P.W., Allen, R.B., Nordmeyer, A.H. ve Evans, G., 2003. Biomass and macro nutrients (above and below ground) in a New Zealand beech (*Nothofagus*) forest ecosystem Implications for carbon storage and sustainable forest management, *Forest Ecology and management*, 174, 281-294.
- Hsieh, C.F., 1989. Structure and floristic composition of the beech forest in Taiwan, *Taiwania*, 34, 28-44.
- International Energy Agency (IEA), 2002. *Beyond Kyoto: energy dynamics and climate stabilization*, Paris: OECD/IEA.
- Kalıpsız, A., 1962. Doğu Kaynında Artım Büyüme Araştırmaları, OGM Yayını 339,7, Ankara.
- Keller, M., Palace, M., Asner, G.P., Pereira, R. ve Silva, J.N.M., 2004. Coarsewoody debris in undisturbed and logged forests in the eastern Brazilian Amazon. *Glob. Change Biol.* 10, 784-795.
- Laiho, R. ve Laine, J., 1997. Tree Stand Biomass and Carbon Content in an Age Sequence of Drained Pine Mires in Southern Finland, *Forest Ecology and Management*, 93, 161-169.
- Lamlom, S.H. ve Savidge, R.A., 2003. A reassessment of carbon content in wood: Variation within and between 41 North American species, *Biomass and Bioenergy*, 25, 381-388.
- Li, X., Yi, M.J., Son, Y., Park, P.S., Lee, K.H., Son, Y.M., Kim, R.H. ve Jeong, M.J., 2011. Biomass and Carbon Storage in an Age-Sequence of Korean Pine (*Pinus koraiensis*) Plantation Forests in Central Korea, *J. Plant Biol.*, 54:33-42.
- Peichl, M. ve Arain, A., 2006. Above and belowground ecosystem biomass and carbon pools in an age-sequence of temperate pine plantation forests *Agricultural and Forest Meteorology* 140,1-4, 30, 51-63.
- Makineci, E., Yılmaz, E., Kumbaşlı, M., Yılmaz, H., Çalışkan, S., Sevgi, O., Keten, A., Zengin H., Beşkardeş, V. ve Özdemir, E., 2011. Kuzey Trakya Koruya Tahvil Meşe Ekosistemlerinde Sağlık Durumu, Biyokütle, Karbon Depolama ve Faunistik Özelliklerin Belirlenmesi, TUBİTAK-TOVAG Projesi (Proje No: 107O750), İstanbul.

- Merev, N., 2003. Wood anatomy and identification, Black Sea Technical University, Trabzon.
- Mısır, M., Köse, S., Yavuz, H., Mısır, N., Altun, L. ve Karahalil, U., 2011. K.T.Ü Orman Fakültesi Eğitim ve Araştırma Ormanının Karbon Depolama Kapasitesinin Belirlenmesi ve Orman Amenajman Planına Aktarılması, Bilimsel Araştırma Projesi, Trabzon.
- Mısır, M., Mısır, N. ve Erkut S., 2012. Estimations of Total Ecosystem Biomass and Carbon Storage For Fir (*Abies nordmanniana* S. subsp. *bornmülleriana* (Mattf.)) Forests (Western Black Sea Region), 14th IUFRO Fir Symposium, Kastamonu.
- Mısır, M., Mısır, N., Ülker, C. ve Erkut, S., 2013. Saf kayın meşcerelerinin karbon depolama miktarının belirlenmesi (Trabzon Orman Bölge Müdürlüğü Örneği), Bilimsel Araştırma Projesi, Trabzon.
- Nogueira, E.M., Fearnside, P.M., Nelson, B.W., Barbosa, R.I. ve Keizer, E.W.H., 2008. Estimates of forest biomass in the Brazilian Amazon: New allometric equations and adjustments to biomass from wood-volume inventories, *Forest Ecology and Management*, 256, 1853-1867.
- Öztürk, K., 2002. Küresel İklim Değişikliği ve Türkiye'ye Olası Etkileri, GÜ Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi, Ankara.
- Rathore, N.S. ve Panwar, N.L., 2007. Renewable energy sources for sustainable development, New India Publishing Agency, New Delhi, India.
- Yuksel, İ. ve Kaygusuz, K., 2011. Renewable energy sources for clean and sustainable energy policies in Turkey.
- Ritson, P. ve Sochacki, S., 2003. Measurement and prediction of biomass and carbon content of *Pinus pinaster* trees in farm forestry plantations, south-western Australia *Forest Ecology and Management*, 175, 103-117.
- Saatçioğlu, F., 1976. Silvikültürün Biyolojik Esasları ve Prensipleri, İ.Ü. Orman Fak. Yay., 2187/222, 423, İstanbul.
- Saraçoğlu, N., 2011. Küresel iklim Değişiminin Yavaşlatılmasında Ormanların Rolü, *Bilim ve Aklın Aydınlanmasında Eğitim*, 135, 60-71.
- Sims, R.E.H., 2003. Bioenergy to mitigate for climate change and meet the needs of society, the economy and the environment. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*, 8, 70-349.
- Skovsgaard, J. P., Stupak, I. ve Vesterdal, L., 2006. Distribution of biomass and carbon in even-aged stands of Norway spruce [*Picea abies* (L.) Karst.]: A case study on spacing and thinning effects in northern Denmark, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 21, 470-488.

- Tang, J.W., Cao, M., Zhang, J.H. ve Li, M.H., 2010. Litterfall production, decomposition and nutrient use efficiency varies with tropical forest types in Xishuangbanna, SW China: a 10-year study, *Plant Soil*, 335, 271-288.
- Tolunay, D., 2009. Carbon concentrations of tree components, forest floor and understorey in young *Pinus sylvestris* stands in north-western Turkey, *Scandinavian Journal of Forest Research*, 24, 394-402.
- Türkeş, M., 2001. Küresel İklimin Korunması, İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi ve Türkiye, Tesilat Mühendisliği, TMMOB Makine Mühendisleri Odası, Süreli Teknik Yayın 61, 14-29.
- URL-1, Sera Gazı Emisyon Envanteri, www.tuik.gov.tr/PreHaber/Bultenleri.do?id=10829, 24 Mart 2010.
- URL-2, www.web.ogm.gov.tr/diger/iklim/Dokumanlar/MakaleBildiri/isinma_onem.pdf, 11 Nisan 2011
- Uri, V., Varik, M., Aosaar, J., Kanal, A., Kukumägi, M. ve Lõhmus, K., 2012. Biomass production and carbon sequestration in a fertile silver birch (*Betula pendula* Roth) forest chronosequence, *Forest Ecology and Management*, 267, 117-126.
- Wolfson, R. ve Schneider, S.H., 2002. Understanding climate science. In: *Climate change policy: a survey*. Washington, Island Press., 3-5.
- Xiao, T.L., Jiang, X.Y., Martin R.J., ve Jian, W.T., 2010. Ecosystem carbon storage and partitioning in a tropical seasonal forest in Southwestern China, *Forest Ecology and Management*, 260, 1798-1803.
- Yavuz, H., Mısır, N., Mısır, M., Tüfekçioğlu, A., Karahalil, U. ve Küçük, M., 2010. Karadeniz Bölgesi Saf ve Karışık Sarıçam (*Pinus slyvestris* L.) Meşcereleri İçin Mekanistik Büyüme Modellerinin Geliştirilmesi, *Biyokütle ve Karbon Depolama Miktarlarının Belirlenmesi*, TÜBİTAK Projesi, Trabzon.
- Zhu, B., Wang, X., Fang, J., Piao, S., Shen, H., Zhao, S. ve Peng, C., 2010. Altitudinal changes in carbon storage of temperate forests on Mt Changbai, Northeast China, *JPR Symposium*, 123, 439-452

ÖZGEÇMİŞ

29.11.1987 yılında Trabzon'da doğdu. Ortaöğrenimini Samsun Mithat Paşa Lisesi'nde tamamladı. 2005 yılında K.T.Ü Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü'nde başladığı lisans eğitimini 2011 yılında tamamladı. 2011 sonbahar döneminde Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans öğrenimine başladı. Halen öğrenimine devam etmekte olup orta derecede ingilizce bilmektedir.